



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



Untersuchungen aus dem Botanischen Laboratorium ...

Universität Göttingen.
Botanisches Laboratorium

TRANSFERRED TO
MEMORIAL LIBRARY
STACKS

Library
of the
University of Wisconsin

General Library System
University of Wisconsin - Madison
728 State Street
Madison, WI 53706-1494
U.S.A.



TRANSFERRED TO
C. 101

UNTERSUCHUNGEN
AUS DEM
BOTANISCHEN LABORATORIUM
DER
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.

HERAUSGEGEBEN VON
DR. J. REINKE,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.



ERSTES HEFT.
DIE ZERSETZUNG DER KARTOFFEL DURCH PILZE.
VON
J. REINKE UND G. BERTHOLD.

MIT NEUN LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BERLIN 1879.
VERLAG VON WIEGANDT, HEMPEL & PAREY.
(PAUL PAREY.)

DIE
ZERSETZUNG DER KARTOFFEL
DURCH PILZE.

VON

J. REINKE UND G. BERTHOLD.



MIT NEUN LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BERLIN 1879.

VERLAG VON WIEGANDT, HEMPEL & PAREY,
(PAUL PAREY.)

Inhalt des ersten Heftes.

ERSTER ABSCHNITT. Die Nafs- und Trockenfäule der Kartoffelknollen	7
ZWEITER ABSCHNITT. Entwicklungsgeschichte der wichtigeren, an der Zersetzung der Kartoffelknollen beteiligten Fadenpilze	26
I. <i>Hypomyces Solani</i>	26
II. <i>Nectria Solani</i>	39
III. <i>Chaetomium bostrychodes</i> und <i>crispatum</i>	46
IV. <i>Stysanus Stemonitis</i> und <i>St. capitatus</i>	51
V. <i>Pistillaria pusilla</i> nebst einigen allgemeinen Bemerkungen über die <i>Basidiomyceten</i>	58
VI. <i>Verticillium cinnabarinum</i>	63
DITTER ABSCHNITT. Die Kräufelkrankheit der Kartoffel	67
Erklärung der Abbildungen	97

General Library System
University of Wisconsin - Madison
726 State Street
Madison, WI 53706-1494
U.S.A.

116366

MAR 12 1908

N

9R27

✓ 1-3

Vorwort.

Mit dem vorliegenden Hefte soll keineswegs eine neue periodische Zeitschrift beginnen. Dasselbe bildet eine selbständige Monographie, deren äußerer Titel nur andeutet, daß die Herausgabe einer Serie botanischer Untersuchungen von ähnlichem Umfange wie die vorliegende angestrebt wird, und daß nur im hiesigen botanischen Laboratorium entstandene Arbeiten in diesem Verbande Aufnahme finden werden.

In Bezug auf den Inhalt dieses ersten Heftes sei noch bemerkt, daß uns während der Ausarbeitung desselben das Bulletin de la société botanique de France 1877 nicht zugänglich war, und daß ich erst durch den soeben erschienenen Jahresbericht für 1877 auf die darin enthaltene Arbeit VAN TIEGHEM'S über Bacillus Amylobacter aufmerksam gemacht worden bin. Ob der Bacillus der faulenden Kartoffeln mit diesem B. Amylobacter identisch ist, bedarf daher noch besonderer Prüfung, erscheint mir aber nach den Angaben VAN TIEGHEM'S kaum zweifelhaft.

Göttingen, im Mai 1879.

Reinke.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Nass- und Trockenfäule der Kartoffelknollen.

Unter den Zerfetzungsprocessen, deren Beute unsere Feldfrüchte so häufig werden, haben die Zerstörungen der Organisation der Kartoffelpflanze und ihrer Theile stets ein besonderes Interesse auf sich gezogen, einmal wegen ihres rapiden Verlaufes und ihrer epidemischen Ausbreitung, besonders aber weil die Kartoffel schon als Rohproduct in die Haushaltungen, und zwar die größten wie die kleinsten, hineinwandert. Aus den Erfahrungen im eigenen Hause ist aber Jedem bekannt, daß besonders in Jahren, wo die sogenannte Kartoffelkrankheit herrscht, im Keller oft noch ein beträchtlicher Procentatz der anscheinend gesund eingebrachten Knollen durch Fäulniß zu Grunde geht. Auf größeren Oeconomien hat man sich häufig genug veranlaßt gesehen, solche in Verwesung übergegangene Kartoffeln centnerweise auf die Dungplätze zu schaffen.

Wenn wir die in der Gestalt von verdorbenen Kartoffeln jährlich geworfene Menge organischer Substanz — der Einfachheit wegen soll nur das Stärkemehl berücksichtigt werden — als Rente des Kartoffelbauenden Areals der Erdoberfläche würden berechnen können und den absoluten Werth dieser Rente feststellen, so würden wir sicher eine Ziffer von bedeutender Höhe erhalten, einer Höhe, die es dem Landwirth wie dem Botaniker als lohnende Aufgabe muß erscheinen lassen, zu untersuchen, ob und wie man die Ziffer dieser negativen Rente herabdrücken könne.

Wir haben daher zu fragen, ob wir im Stande sind, die Urfachen der Fäulniß der Kartoffelknollen zu verhindern oder zu hemmen, und ob man wirklich Veranlassung hat, die als verdorben angeesehenen Kartoffeln einfach wegzuwerfen, oder ob sich nicht ein Theil der in denselben gegebenen organischen Substanz retten und z. B. für technische Zwecke verwerthen läßt.

Die hier in ihren Umrissen angedeutete Aufgabe gliedert sich in eine rein wissenschaftlich-botanische und eine practisch-öconomische Untersuchung, von denen nur die *botanische* in Angriff genommen wurde; die Resultate dieser Untersuchung gelangen auf den folgenden Blättern zur Mittheilung.

Die Frage nach der Fäulniß der Kartoffelknollen fällt zusammen mit der Frage der sogenannten Kartoffelkrankheiten und kann demnach als theilweise bereits gelöst angesehen werden. Immerhin sind aber die in der seitherigen Literatur gegebenen Darstellungen nicht ausreichend, um ein völlig umfassendes Gesamtbild der in Rede stehenden Erscheinungen daraus entwickeln zu können; die von uns gewonnenen Beobachtungen mögen dazu dienen, um einige der noch vorhandenen Lücken ausfüllen zu helfen.

Unter der Kartoffelkrankheit *par excellence* versteht man jene verheerende Epidemie, welche in dem raschen sich Schwärzen und Verdorren des Krautes sichtbar wird, um von dort auf die Stengeltheile und die Knollen sich fortzusetzen. Durch SPEERSCHNEIDER^{*)} ist der Beweis geliefert worden, daß die Erkrankung nicht nur des Krautes, sondern auch der Knollen durch einen und denselben parasitischen Pilz, durch die *Phytophthora infestans*, herbeigeführt wird, was seither allgemeine Bestätigung erfahren hat.

Die Infection der Kartoffelknolle durch diesen Pilz findet in der Weise statt, daß das Mycelium desselben in den Intercellularräumen der Knolle vordringend, einen gleichsam vergiftenden Einfluß auf die Lebensthätigkeiten der Zellen ausübt. Dabei kann das Gewebe einer

^{*)} Bot. Zeit. 1857. Nr. 8.

Kartoffel noch völlig frisch und gesund erscheinen und doch bereits vollständig von Pilzen durchwachsen sein. Die Untersuchungen DE BARY'S *) haben gelehrt, daß wenn man die frisch erscheinende Schnittfläche einer solchen Kartoffel im feuchten Raume cultivirt, dieselbe sich nach kurzer Zeit bedeckt mit den hervorsprossenden Conidienträgern des gefürchteten Pilzes.

Das von *Phytophthora inficirte* Gewebe verfällt dann einer raschen Desorganisation, die durch Bräunung der Zellen sich auf der Schnittfläche zu erkennen giebt. In der Regel treten gleichzeitig auf der Oberfläche der Kartoffel eine Anzahl anderer Pilze auf, denen die Vollendung des Zerstörungswerkes zufällt, indem die *Phytophthora* als ächter Parasit in dem bereits abgestorbenen Gewebe wieder verschwindet.

Während man ehemals diese secundär erscheinenden Pilze, als deren wichtigste Repräsentanten hier zunächst nur die von den früheren Botanikern als *Fusisporium* und *Spicaria Solani* bezeichneten Arten erwähnt sein mögen, für die *ursprünglichen* Zerstörer der Kartoffelknolle hielt, ist diese Ansicht durch DE BARY bereits endgültig widerlegt worden. Derselbe hat gezeigt,**) daß *Fusisporium* und *Spicaria* niemals von Außen her oder auch von Wundflächen in das Innere *gesunder* Kartoffelknollen einzudringen vermögen, sondern daß dem Mycelium dieser Pilze nur dann die Durchbohrung des Kartoffelgewebes gelingt, wenn das letztere zuvor durch *Phytophthora* lebens- und daher widerstands-unfähig gemacht worden war. Nach dieser Ermittlung, welche wir aus eigenen, zahlreichen Versuchen bestätigen können, sind *Spicaria*, *Fusisporium* und andere sogleich zu erwähnende Pilze nur *Saprophyten*, denen durch die *parasitische* *Phytophthora* vorgearbeitet, der Boden bereitet werden muß. Das constante Auftreten dieser Pilze auf kranken Kartoffeln erklärt sich leicht aus der allgemeinen Verbreitung ihrer Conidien an der Erdoberfläche und dadurch auf den Schalen auch der gesunden Kartoffeln.

*) Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit. Leipzig. 1861.

**) a. a. O. S. 43 ff.

Immerhin ist es aber von Wichtigkeit, die auf die *Phytophthora*-Infection folgenden und neben derselben herlaufenden Zerfetzungs-Erscheinungen der Kartoffelknolle genauer ins Auge zu fassen.

Schon im Sprachgebrauche des practischen Lebens werden zwei Haupttypen der Zerfetzungs-Erscheinungen an Kartoffelknollen unterschieden, die *Nafsfäule* und die *Trockenfäule*. Nafsfaul nennt man eine Kartoffel, wenn das gefammte von den Kartoffeln eingeschlossene Gewebe sich mehr oder weniger verflüssigt, in einen jauchigen, dabei sehr streng und characteristisch riechenden Brei sich auflöst, während an der Oberfläche der Kartoffel meistens Rasen von Schimmelpilzen hervorbrechen, die aber auch fehlen können. Trockentaul heist dagegen die in Verwesung begriffene Kartoffel, wenn ihr Gewebe in eine lockere, schwammige, sich trocken anfühlende und auf dem Durchschnitt marmorirt erscheinende Masse sich umwandelt; die trockenfaule Kartoffel bedeckt sich früher oder später immer mit Rasen von Schimmelpilzen.

Die Pilze, welche man auf der Oberfläche trocken- wie nafsfauler Kartoffeln findet, sind im Allgemeinen die gleichen Arten. Auf jeden Fall ist sicher, dass die beiden verschiedenen Typen der Zerfetzung nicht etwa durch zwei verschiedene Kategorien von Schimmelpilzen hervorgerufen werden. Verwesende Kartoffeln dienen sehr zahlreichen Pilzen als Unterlage, als Ernährungs-Magazin, ein Theil dieser Pilze gehört zu den allverbreiteten Arten, die auf jeder der Luft ausgesetzten organischen Substanz sich auzufiedeln pflegen, andere, wie die bereits oben namhaft gemachten Formen, sind für faulende Kartoffeln characteristisch. Einigen dieser Pilze fällt ganz vorzugsweise die Arbeit zu, das durch *Phytophthora* abgetödtete Kartoffelgewebe zu zerstören, während das Mycelium anderer nur auf der Oberfläche der Knollen umherkriecht, denselben verhältnissmässig wenig Substanz entziehend.

Es soll nicht der Versuch gemacht werden, ein vollständiges Verzeichniss der häufig oder gelegentlich auf Kartoffeln vorkommenden Pilze zu liefern. Eine solche Liste würde voraussichtlich doch lückenhaft ausfallen, indem sicherlich noch andere saprophytische Pilze als die bereits beobachteten, auch einmal auf Kartoffeln würden wachsen

können. Nur die während dieser Untersuchung in Göttingen häufig auf Kartoffeln gefundenen Arten mögen hier eine Erwähnung finden, und sei bemerkt, daß die eigentliche Zerstörung der Gewebe der Kartoffel von den mit Cursiv-Lettern gedruckten Arten beforgt wird, welche auch spontan fast nur auf verwesenden Kartoffeln gefunden werden.

Auf trockenfaulen, theilweise auch auf naßfaulen Kartoffeln wurden folgende Pilze beobachtet:

Hypomyces (Fusisporium) *Solani*, *Nectria* (Spicaria), *Solani**) *Verticillium cinnabarinum*, *Chaetomium crispatum* und *bostrychodes*, *Stysanus Stemonitis* und *capitatus*, *Cephalosporium* sp. indef., *Botrytis cinerea*, *Penicillium glaucum*, *Eurotium herbariorum*, mehre *Aspergillus* Arten, *Torula* sp., *Arthrobotrys oligorpha*, *Chaetostroma* sp., *Rhopalomyces elegans*, *Haplotrichum* sp., *Pleospora herbarum*, *Verticillium atro-album*.

Auf naßfaulen Kartoffeln fanden sich außer verschiedenen der oben erwähnten Schimmelpilze, insbesondere der cursiv gedruckten, noch verschiedene, unten zu erwähnende Bakterien, an Myxomyceten: *Dictyostelium mucoroides*, ein *Didymium*, eine *Licea*, an Thieren: Milben (*Acarus Solani*), Nematoden, Arthropoden-Larven und verschiedene Protozoen.

Was nun zunächst die Symptome anlangt, unter welchen die sogenannte *Trockenfäule* der Kartoffeln sich darstellt, so ward das weit entwickelte Stadium dieser Zersetzung bereits oben kurz charakterisirt. Die Kartoffel ist äußerlich trocken anzufühlen, auf ihrer Schale finden sich kleine weißliche Pusteln von Pilz-Conidienträgern, in der Regel von *Nectria* und *Hypomyces Solani*, oder auch die mehr ausgebreiteten ziegelrothen Rufen des *Verticillium cinnabarinum*; selten nur trifft man hier Fruchtkörper eines *Chaetomium* **).

*) Ueber die Nomenclatur dieser beiden Pilze vergleiche den zweiten Abschnitt dieser Untersuchungen.

**) Die weniger charakteristischen Pilzformen sind bei dieser Darstellung außer Acht gelassen worden.

Die hochgradig trockenfaule Knolle ist *leichter* als eine gefunde Kartoffel. Im Innern der Korkschale findet man entweder eine gelblich-weiße, zerreibliche, pulverisierbare, oder eine flockige, zunderartige Substanz an Stelle des normalen Gewebes; beide Zeretzungsformen können auf dem Durchschnit einer Knolle mit einander wechseln, dieselbe erhält dann ein weißlich-gelblich-röthlich-bräunlich marmorirtes Aussehen.

Die zu Pulver zerreibbaren Theile einer trockenfaulen Kartoffel bestehen oft aus reinem Stärkemehl, hier und da mit Resten von Zellhäuten und Pilzfäden gemischt. In den braunen zunderartigen Parthien findet man das Zellgewebe der Kartoffel in seinem Zusammenhange erhalten, aber vielfach die Zellwände, oft auch die Stärkekörner von Pilzfäden durchbohrt. *) Die hellröthlich, flockig erscheinenden Stellen einer solchen Kartoffel bestehen oft nur aus dicht verflochtenen Pilzfäden, zwischen denen man noch sporadisch einige corrodirt Stärkekörner, aber keine Zellwände mehr findet.

Untersucht man erst theilweise trockenfaul gewordene Kartoffeln, so findet man in den jüngeren Stadien der Zeretzung das zwar gebräunte und von Pilzfäden durchwachsene, aber sonst noch wenig veränderte Gewebe der Kartoffel. Die trockenfaulen Stellen können sich dann allmählig über die ganze Kartoffel ausbreiten; in einigen, aber verhältnißmäßig wenigen Fällen fand sich, daß das noch gefunde Gewebe gegen eine trockenfaule Beule eine Korkschicht erzeugt hatte, welche dem Vordringen der Zeretzung Einhalt gethan zu haben schien. Die Abgrenzung trockenfauler Theile gegen das übrige Gewebe durch eine Korkschicht ist schon von SCHACHT**) beschrieben und abgebildet worden.

*) Bei Objectträgerculturen gelang es nur an den Hyphen der Chaetomium-Arten das Hineinwachsen in Stärkekörner zu beobachten. In den Kartoffelknollen scheinen aber auch die Mycelien von Hypomyces und Nectria die Stärkekörner zu durchbohren, wenigstens wurden durchbohrte Stärkekörner auch in faulen Kartoffeln beobachtet, auf deren Oberfläche niemals Chaetomium = Fruchtkörper erschienen.

**) Bericht über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten. 1854. Taf. VIII. Fig. 11.

Die Trockenfäule entsteht nur selten, ohne daß nasse Fäule der betreffenden Knolle vorausgegangen wäre. Die Symptome der Trockenfäule zeigen sich nämlich an Kartoffeln, die an trocknen und luftigen Orten aufbewahrt werden, von denen aber angenommen werden darf, daß sie früher einmal nass gelegen haben. Findet man Kartoffeln, die anscheinend gesund vom Felde kommen, an ihrem Aufbewahrungsorte trockenfaul werden, so müssen wir annehmen, daß diese Knollen doch bereits durch *Phytophthora* widerstands-unfähig gegen saprophytische Pilze gemacht worden waren. Denn ebensowenig wie DE BARY ist es uns gelungen, Knollen von wirklich gefundenen Stauden mit *Hymyces*, *Nectria*, *Verticillium* und *Chaetomium* zu inficiren oder gar trockenfaul zu machen; wenn die Sporen dieser Pilze auf feucht gehaltenen Schnittflächen auch zur Keimung gelangten, so beschränkte das spärlich entwickelte Mycelium sich doch auf die äußersten Zellschichten, in den dicht darunter gelegenen Schichten bildete sich durch Theilung parallel der Schnittfläche eine Korkplatte aus, welche ein völlig wirksames Schutzmittel für die inneren Theile der Kartoffelknolle gegen diese Pilze darstellt. Eine durch *Phytophthora* aber, man möchte sagen vergiftete Knolle scheint über solches Schutzmittel, der Bildung einer Korkplatte gegen die Wundflächen, nicht mehr zu verfügen, sie fällt daher den saprophytischen Schimmelpilzen zur Beute.

Wird eine trockenfaule Kartoffel in Nässe gelegt, so kann man den nassfaulen Zustand dadurch erzeugen.

Von viel größerer Verbreitung und darum auch Wichtigkeit ist die als *Nassfäule* bekannte Zerfetzung der Kartoffeln. Nassfaule Kartoffeln findet man häufig im Herbst auf Aeckern nach mehrtägigem Regen, vielfach werden sie auch in feuchten Kellern angetroffen, nasse oder doch sehr feuchte Aufbewahrung dient wesentlich zur Beförderung dieser Zerfetzungsform. Uebrigens kommen nassfaule Individuen auch an ganz trocknen Aufbewahrungsorten vor, es ist dann aber die Korkschale unverletzt, so daß eine stärkere Verdunstung immerhin ausgeschlossen erscheint.

Die Nassfäule der Kartoffel unterscheidet sich von der Trockenfäule

dadurch, daß das Innere der Knolle ganz oder theilweise in eine breiartige oder jauchige, höchst übelriechende Masse übergeht. Auf der Oberfläche nafsfauler Kartoffeln findet man häufig Rafen der Conidienträger von *Hypomyces* und *Nectria Solani*, feltener von *Verticillium cinnabarinum* oder Fruchtkörper von *Chaetomium*; es giebt aber auch nafsfaule Kartoffeln, welche keine Spur dieser *Pyrenomyceten* aufweisen.

Daß diese *Pyrenomyceten* auch bei der nassen Fäule der Kartoffel nicht primäre Urfache, sondern nur secundär in Ausnutzung der sich ihnen darbietenden günstigen Vegetationsbedingungen auftreten und an der Zerstörung der Kartoffel Theil nehmen, läßt sich von vorne herein als wahrscheinlich annehmen. Aber auch Culturen dieser Pilze auf nafs gehaltenen, sonst jedoch durchaus gefunden Knollen haben eine directe Bestätigung dafür geliefert, indem auch in diesem Falle die Knollen ihre Wundflächen durch ausgeschiedene Korkplatten vollständig zu schützen vermochten.

Auch die Nafsäule der Kartoffeln kann durch vorhergegangene Infection des Gewebes mit *Phytophthora infestans* bedingt oder begünstigt worden sein. Daß aber in der *Phytophthora* nicht immer die primäre Urfache der Nafsäule gegeben ist, wird schon durch den Umstand bewiesen, daß eine Knolle nafsfaul werden kann, ohne jemals *Phytophthora*-krank gewesen zu sein. Wir werden deswegen nach einer anderen Urfache der Nafsäule zu suchen haben.

Schon oben wurde erwähnt, daß außer den gelegentlich auf nafsfaulen Kartoffeln gefundenen *Myxomyceten* auch *Bakterien* sich zeigen. In der That sind diese *Bakterien* constante Begleiter der Nafsäule, und hieraus ergiebt sich ein Fingerzeig für die wahre Urfache dieser Zersetzungsform.

Wenn eine durch *Phytophthora* inficirte Kartoffelknolle in Nässe liegt, so geht sie rasch in den nafsfaulen Zustand über; sobald aber die ersten Symptome der Nafsäule sich zeigen, finden sich *Bakterien* in Menge im nafsfaulen Gewebe. Hiernach könnte man noch denken, daß die *Phytophthora* die nafsfaule Zersetzung verursache, obgleich freilich durch sie in einer trocken aufbewahrten Kartoffel keine Nafs-

fäule erregt wird, und daß die Bakterien nur secundär die Zersetzung beschleunigen. Allein wenn man mit der bakterienhaltigen Flüssigkeit aus einer nafsfaulen Kartoffel eine völlig gesunde, und speciell Phytophthora-freie Knolle impft, so gelingt immer eine locale Erzeugung von Nafsäule in der feucht gehaltenen Knolle, nicht selten wird dieselbe in kürzester Frist total nafsfaul. Nur in den Bakterien und den von ihnen gebildeten Fermenten kann deshalb die Urfache der Nafsäule enthalten sein, durch die Phytophthora wird nur das Gewebe einer Kartoffelknolle besonders günstig für die Wirkung der Bakterien prädisponirt.

Es ist nothwendig, diese allgemein gehaltene Sätze durch einige speciellere Ausführungen zu erläutern.

Die Bakterien verlangen für ihre Entwicklung die Gegenwart von Nässe. Wenn man eine bereits nafsfaule Kartoffel in einen trocknen, luftigen Raum bringt, so geht der nafsfaule Zustand fast immer schnell in den trockenfaulen über. Die Mehrzahl der trockenfaulen Kartoffeln dürfte auf diese Weise aus partiell nafsfaulen entstanden sein.

Die Nafsäule zeigt sich in zwei Varietäten, je nachdem die oben erwähnten Pyrenomyceten in der nafsfaulen Knolle wuchern, insbesondere *Hypomyces Solani*, oder nicht; der letztere Fall ist der seltneren, die nafsfaule Zersetzung hat dann aber meist einen rapideren Verlauf.

Die Zersetzung des Gewebes der Kartoffel bei der Nafsäule ist schon von SCHACHT*) im Allgemeinen richtig gekennzeichnet worden.

Die Fäule beginnt immer in kleinen, oft nur mikroskopischen Wundstellen, um von hier im Gewebe sich zu verbreiten. Zuerst sieht man die Zellen wie bei Maceration in verdünnter Kalilauge von einander sich trennen, ihre Zwischenräume sind mit einer wässrigen, an Bakterien reichen Flüssigkeit angefüllt; schon hierdurch wandelt sich das feste Parenchym in eine breiartige Masse. Bald werden dann aber auch — unzweifelhaft unter dem Einflusse eines von den Bakterien

*) a. a. O. S. 20 ff.

ausgefönderten Fermentes — einzelne Theile der Zellwand gelöst, man sieht die Bacterien im Innern der Zellen; sind gleichzeitig Fadenpilze vorhanden, so haben ihnen diese wohl theilweise den Weg dahin ein gebahnt. In kurzer Frist werden die Wände der Parenchymzellen nach vorhergegangener, starker Aufquellung vollständig reforbirt und die anscheinend noch wohl erhaltenen Stärkekörner schwimmen dann frei in der dicht von Bacterien erfüllten Flüssigkeit, die außerdem Fadenpilze beherbergen kann oder auch frei davon ist. Nunmehr ist der ganze Raum innerhalb des Kartoffelperidermas von einer weißlich-bis ochergelben Jauche erfüllt, von einem höchst penetranten und widerwärtigen Geruch, welcher sich aus dem Geruch der Butter säure mit einem anderen strengen Geruche zu mischen scheint. Unter dem Mikroskope sieht man die Jauche von Stärkekörnern erfüllt, welche von allen Theilen der Kartoffel gegen die Einwirkung der Bacterien sich am resisten testen erweisen.

Wenn in diesem Stadium die Knolle rasch ausgetrocknet wird, so verschwindet die wässrige Flüssigkeit mit den Bacterien, und das Stärkemehl erfüllt den größeren Raum innerhalb der Kartoffelschale als eine weißliche, zerreibliche Masse, der übrige Raum ist leer.

Bei weiterem Fortschreiten der Zersetzung werden auch die Stärkekörner angegriffen. Zunächst sieht man Bacterien ihrer Oberfläche adhären, dann bemerkt man zuerst auf der Mitte der flachen Körner Corrosionen und Risse, (Taf. VII, Fig. 8,) später zeigen sich solche Risse und Spalten auch am Rande des Stärkekorns, von wo aus sie schließlich radial bis zur Mitte vordringen (Fig. 9 a, b, c.) So wird allmählig auch die Substanz der Stärkekörner in Lösung gebracht; das Aussehen der corrodirtten Körner entspricht dabei dem Aussehen der im Organismus phanerogamer Gewächse sich lösenden Stärkekörner.

Die Auflösung der Stärker in der naßfaulen Kartoffel kann nur erfolgen durch ein in dem sie umgebenden Medium vorhandenes Ferment, und dies Ferment muß von den Bacterien geliefert werden. Denn hat man durch Austrocknen die Bacterien zum Verschwinden gebracht, so hört auch die charakteristische Corrosion der Stärkekörner auf, nur von

Fadenpilzen werden dieselben dann angebohrt, deren fortwachsende Spitzen ein ähnliches Ferment aussondern müssen.

Es sind in den habituellen Symptomen der Naisfäule die verschiedensten Combinationen und Abstufungen bemerkbar, je nachdem ausser den Bakterien auch Fadenpilze vorhanden sind oder nicht, und je nach der relativen Menge dieser Pilze. Die Rapidität des Verlaufs der Zersetzung richtet sich danach, ob die einzelnen Kartoffel-Individuen widerstandsfähiger sind oder nicht, und ob sie mehr oder weniger nais liegen.

Schon durch SCHACHT*) ist constatirt worden, daß, während die trockene Fäule nicht ansteckend auf gesunde Kartoffeln zu wirken vermag, durch naisfaule Kartoffelmasse, insbesondere durch die aus einer naisfaulen Knolle austretende Flüssigkeit gesunde Kartoffeln sehr leicht naisfaul gemacht werden können.

Die eignen Beobachtungen über die Ansteckungsfähigkeit der Naisfäule haben folgendes gelehrt.

Es wurde nach und nach eine grössere Zahl von gefundenen Kartoffeln mit der aus einer hochgradig naisfaulen Kartoffel hervortretenden, an Bakterien reichen Flüssigkeit geimpft. Die Impfung ward in der Weise vollzogen, daß aus der gefunden Knolle mit scharfem Messer ein dreieitig-pyramidales Stück herausgeschnitten wurde. In die so hergestellte, 10 bis 15 mm tiefe Wunde wurde ein Tropfen der bakterienhaltigen Flüssigkeit gebracht, schnell die Pyramide wieder hineingeschoben und fest eingedrückt. Ein Theil der so geimpften Kartoffeln ward dann mit der verschlossenen Wunde nach oben frei hingelegt, andere mit der Wunde auf nasses Fließpapier gedrückt unter eine Glasglocke mit Wasser gesättigter Atmosphäre. Die Wundflächen der frei hingelegten Kartoffeln waren nach Verlauf von Tagen und Wochen fast immer trocken geworden, das pyramidale Stück eingeschrumpft, die Knolle hatte auf der Wundfläche eine Korklage gebildet, zur Erzeugung von Naisfäule war es nicht gekommen. Von

*) a. a. O. S. 22.

den Knollen dagegen, deren Wundflächen vor Austrocknung geschützt worden waren, sind immer einzelne vollständig durch das ganze Innere hindurch nassfaul geworden, und zwar manchmal in 2 bis 3 Tagen. Bei der Mehrzahl dieser Knollen war aber die durch die Impfung sogleich erzeugte Nafsäule auf die nächste Umgebung der Wunde beschränkt geblieben. Die herausgeschnittene Pyramide war ganz weggefaul bis auf das Periderma, und das unmittelbar daran grenzende Kartoffelgewebe hatte sich ebenfalls in einen gelblichen Brei aufgelöst. Ein durch die Fäulnißbeule geführter Längsschnitt lehrte nun, daß dieselbe durch eine in einem wechselnden Abstände von der Wundfläche verlaufende, vom gesunden Gewebe der Kartoffel abgechiedene, dicke Korkschicht vollständig abgegrenzt war; diese Korkschicht bildete ein absolutes Hinderniß gegen das weitere Vordringen der Zersetzung in die übrigen Theile der Knolle (Taf. VII, Fig. 7).

Auch die äußere Korkschale bildet eine vollkommen sichere Schutzwehr gegen die Infection einer Kartoffelknolle durch Nafsäule-Bakterien, wenn dieselbe nirgends von kleinen Verletzungen durchbrochen ist. Wir haben eine gesunde Kartoffel monatelang mit ihrer unteren Seite in nassfauler, wässriger Jauche, die, in Wunden geimpft, sogleich Nafsäule erzeugte, liegen lassen, ohne daß dieselbe inficirt worden wäre.

Es ist schon oben erwähnt worden, daß verschiedene Kartoffel-Individuen eine verschieden große Widerstandsfähigkeit gegen die Infection durch Nafsäule-Bakterien zeigten. Es kann diese Differenz darauf beruhen, daß die eine Knolle *Phytophthora*-krank war, eine andere nicht. War eine Knolle schon vom Mycelium der *Phytophthora* durchsetzt, so beobachteten wir mehrfach, daß solche Knollen, selbst wenn sie ganz trocken an der Luft lagen, in kurzer Zeit durch und durch nassfaul wurden und keine Korkplatte gegen das Vordringen der Bakterien zu erzeugen vermochten. Diese Kartoffeln sind also durch die *Phytophthora* den Bakterien gegenüber ebenso ungünstig prädisponirt, wie gegen *Verticillium*, *Hypomyces* und *Nectria Solani*. Wahrscheinlich haben wir uns diese Erscheinung so zu erklären, daß jede in der Entstehung begriffene, gegen die *Phytophthora* ge-

richtete Korkschicht von dieser fogleich durchbrochen wird, weil nach den darüber vorliegenden Erfahrungen auch ganz dicke Peridermen der Kartoffel von den Fäden der *Phytophthora* durchbohrt werden können*), daß aber von *Phytophthora* berührte Zellen die Theilungsfähigkeit eingebüßt haben.

Differenzen im Widerstands-Vermögen gegen die Infection zeigen sich aber auch zwischen verschiedenen Knollen, welche vollkommen frei von *Phytophthora* sind. Wir haben beobachtet, daß solche Knollen, die in einer Wunde geimpft und unter eine Glasglocke gelegt waren, binnen zwei Tagen sich vollständig in eine jauchige Masse umgewandelt hatten, während andere die Bacterien nur auf kurze Strecke in das Parenchym eindringen ließen, und dann die nafsfaule Stelle durch eine Korkplatte aus ihrem Organismus auszuschcheiden wußten.

Es zeigten im Allgemeinen die im Herbste gut und vollkommen ausgereiften Kartoffeln, die sich auch im Maximum des Stärkegehalts befanden, sich am widerstandsfähigsten gegen die Infection. Die letztere gelang am leichtesten bei solchen Knollen, welche noch nicht völlig ausgewachsen waren, deren Gewebe noch relativ viel Wasser enthielt und noch nicht das Maximum des Stärke-Gehalts erreicht hatte. Aber auch 2 Jahre alte Knollen zeigten sich wieder empfänglicher gegen die Infection.

Jedenfalls müssen zwei Momente zusammentreffen, ein äußeres und ein inneres, damit die Nafsäule in einer Kartoffel ihren rapiden Verlauf gewinne, welcher bereits in wenig Tagen zur vollständigen Auflösung führt; erstens inficirende Bacterien mit ihren Fermenten, und zweitens Disposition des Kartoffel-Individuums. Wo sich in letzterer Hinsicht zwischen verschiedenen, ausgereiften Kartoffeln Unterschiede zeigen, da sind dieselben theilweise vielleicht in der Race begründet; es wäre denkbar, daß die wasserreicheren, stärkeärmeren Sorten leichter der Zerfetzung

*) Vgl den von PRINGSHEIM erstatteten Bericht über Kartoffelkrankheit in Landw. Jahrb. 1876. S. 1131 ff.

zur Beute fallen. Doch muß diese Frage durch speziell darauf gerichtete, ausgedehnte Versuchsreihen entschieden werden.

Darüber, daß der vermehrungsfähige Ansteckungsstoff der Nafsäule wirklich in den Bakterien gegeben ist, und nicht etwa in einem von den Bakterien unabhängigen zeretzten Saft der faulenden Kartoffel, darüber dürfte wohl kaum ein Bedenken entstehen. Eine wesentliche Unterstützung erfährt diese Deutung auch durch den Umstand, daß die Nafsäule spontan im nassen Erdreich entsteht, wo die Infection durch keine putride Kartoffelmasse, sondern nur durch Bakterien herbeigeführt worden sein konnte.

Es erübrigt nunmehr noch, zu untersuchen, durch welche Formen von Bakterien die Nafsäule der Kartoffeln hervorgerufen wird.

Die am häufigsten auftretende Form ist ein Bacillus, der sich mikroskopisch von dem *Bacillus subtilis* von COHN nicht unterscheiden läßt (Taf. VII, Fig. 11), wenigstens stimmt Form und Dimension überein. Auch ist nach COHN *Bacillus subtilis* Erreger von Butterfäure-Gährung, was mit dem charakteristischen Geruche nafsfauler Kartoffeln vereinbar ist.

Im Innern nafsfauler Gewebe findet man den Bacillus in Form von kurzen Stäbchen, bald ruhend, bald im Zustande lebhafter Bewegung; dazwischen findet sich meistens in Menge ein Mikroccoccus-Zustand, der wohl mit dem Bacillus zusammenhängt. Die Bacillusfäden vermehren sich sehr lebhaft durch Theilung.

An der Oberfläche von feucht liegenden Kartoffeln, wo ungünstige Bedingungen der Ernährung gegeben waren, fand sich der Bacillus gelegentlich in einer wesentlich abweichenden Form (Taf. VII, Fig. 12 ab). Die Stäbchen bleiben kurz und jedes einzelne scheidet eine breite Gallerthülle um sich aus, so daß größere, durch Gallerte zusammengehaltene Colonien entstehen. (Fig. 12 b). Die einzelnen Individuen theilen sich dann innerhalb ihrer Gallerthülle oft in ganz kurze, zuletzt isodiametrische Stücke, die zusammen eine kleine Familie bilden, wobei das einzelne Stück zu einem neuen Stäbchen sich ergänzt, meist unter Aenderung der Wachthumsaxe (Fig. 12a).

Es ist anzunehmen, daß wir hierin einen Zustand langfamer Vegetation unsers Bacillus besitzen, wie derselbe sich in feuchtem Erdreich, in Düngerhaufen u. f. w. findet, um bei geeigneter Ernährung in die gewöhnliche Bacillus-Form überzugehen.

Eine zweite Bacterienform, die sich etwas seltener in der nafsfaulen Kartoffel findet, möge mit dem Namen Bacterium Navicula bezeichnet werden. (Taf. VII, Fig. 10). Die Individuen haben die Form eines Weberchiffchens, sie sind von beträchtlicherer Größe, einzelne lebhaft bewegt, andere ruhend; sie vermehren sich lebhaft durch Theilung. Im Innern der Bacterienzelle bemerkt man einen oder mehrere dunkle Flecke, welche bei der Behandlung mit Jod eine blaue Färbung annehmen; mitunter färbt auch der ganze Inhalt einer Zelle sich gleichmäßig blau. Es ist denkbar, daß diese Blaufärbung herrührt von Stärke, welche, gelöst durch das von den Bacterien ausgeschiedene Ferment, in das Innere der Zellen hineindiffundirte. Nothwendig ist es freilich nicht, diese Hypothese zu machen, um die Blaufärbung des Zellinhalts dieses Bacteriums zu erklären, da ja auch Zellwände anderer Pilze diese Reaction zeigen können. Erinntet sei nur noch daran, daß Bläuung des Zellinhalts durch Jod auch für *Leptothrix buccalis* beobachtet worden ist*); freilich kann auch hier im Speichel der Mundhöhle gelöste Stärke in die Pilzzellen hinein diffundiren**).

Bacterium Navicula fand sich in nafsfaulen Kartoffeln entweder rein, oder mit Bacillus subtilis gemischt. Die durch B. Navicula hervorgerufenen Zersetzungs-Erscheinungen stimmen ganz mit den durch Bacillus erzeugten überein, sogar der strenge Geruch. Infection gelingt ebenso leicht durch Bacterium wie durch Bacillus.

*) LEBER und ROTTENSTEIN, Untersuchungen über die Caries der Zähne 1867. S. 20.

**) Es würde dazu der Umstand stimmen, daß die *Leptothrix* des Mundes *nicht immer* die Blaufärbung mit Jod annimmt; auch erstreckt sich die Färbung auf den Inhalt der Zellen. — Freilich ist dieselbe Blaufärbung von LEYDEN und JAFFÉ auch für *Leptothrix*-Fäden aus der Lunge beobachtet worden (D. Archiv f. klin. Medicin. 1866. S. 488).

Drittens wird noch in einigen Fällen eine kleine, farblose Sarcina beobachtet, welche wir als *S. Solani* bezeichnen wollen (Taf. VII, Fig. 13). Es finden sich freie Mikroccus-Individuen und kleine einschichtige Familien, die durch wiederholte Zweitheilung nach zwei entgegengesetzten Richtungen des Raumes entstanden. Diese Bacterie scheint sich in ihren Wirkungen den beiden anderen ganz gleich zu verhalten.

Dafs man in der Flüssigkeit nafsfauler Kartoffeln nicht selten auch dem Bacterium *Termo* begegnet, wird schwerlich überraschen.

Endlich mag noch eine Zoogloea-Form kurz Erwähnung finden, welche einige Male auf der Oberfläche feucht liegender Kartoffeln angetroffen wurde. (Vgl. Taf. VII, Fig. 14ab). Diese Colonien scheinen aus einer äufserst winzigen Micrococcus-Form zusammengesetzt zu werden, doch ward reiner Micrococcus in nafsfaulen Kartoffeln von uns nicht beobachtet.

Historisch soll in Bezug auf die Nafsäule hier noch hervorgehoben werden, dafs die Bedeutung der Bacterien für den Zersetzungsprozess der Kartoffel zuerst von HALLIER*) erkannt worden ist. Derselbe beobachtete, dafs bei der Fäulnifs von Phytophthora-inficirten Knollen sich immer Bacterien einstellen, und dafs diese Bacterien, auch wenn sie völlig rein angewandt werden, auf andere Kartoffeln die Nafsäule übertragen, dieselben binnen 4 Tagen in eine jauchige Masse verwandelnd.

Wenn jedoch HALLIER einen genetischen Zusammenhang zwischen Phytophthora, Hypomyces, Nectria und Bacterien glaubt nachweisen zu können, ja, wenn sogar die Bacterien direct aus einer Umwandlung der Protoplasma-Körner entstehen sollen, so wird diese Anschauung keine weitere Discussion erheischen.

*) Reform der Pilzforschung 1875. S. 9 bis 11. Vgl. auch HALLIER die Plastiden der niederen Pflanzen. 1878. S. 52 ff.

Eine künstliche Heilung der Nafsäule, soweit dieselbe gesunde und lebenskräftige Kartoffelknollen befallen hat, ist unmöglich. Nur wenn die Knolle selbst durch Vernarbung der Wunde mittelst einer ausgeschiedenen Korkschicht sich eine Schutzwehr bereitet, kann der Zerfetzungs-Prozess dadurch zum Stillstand gebracht werden.

Um Nafsäule der Kartoffeln zu vermeiden, muß man derselben vorzubeugen suchen. Das Erfinden specieller prophylactischer Methoden ist aber Aufgabe des Landwirths, nicht des Botanikers. Nur auf einige, aus der Physiologie der Krankheit ohne Weiteres sich ergebende Momente mag in aller Kürze noch hingewiesen werden.

Dafs Feuchtigkeit die Entwicklung der Bakterien begünstigt, für dieselben unerlässlich ist, ist sicher. Man wird deswegen die Feuchtigkeit des Ackers, in welchem Kartoffelknollen reifen sollen, entsprechend zu reguliren haben. Insbesondere ist für den Abzug stagnirenden Grundwassers Sorge zu tragen. Ein Acker, der Ueberschwemmungen ausgesetzt ist, wird sicher für Kartoffelbau der ungeeignetste sein. Denn vielfach ist in der landwirthschaftlichen Praxis beobachtet worden, dafs, wenn durch Ueberschwemmung ein Kartoffelacker 24 Stunden und darüber unter Wasser gesetzt war, ein plötzliches Absterben und Verfaulen der Kartoffelpflanzen die Folge war. Dieses sogenannte *Erfaulen* der Kartoffeln ist sicher eine heftig auftretende, durch Bakterien erzeugte Nafsäule. SCHACHT, der eine solche Erscheinung zu untersuchen Gelegenheit hatte, berichtet darüber*), dafs der in der Erde steckende Theil des Kartoffelstengels in voller Maceration begriffen war, das ganze Innere der Knollen war in eine weiche und breiige Masse übergegangen und verbreitete einen stinkenden Geruch. Die Zellwände waren grösstentheils verschwunden, die Stärkekörner lagen frei in der fauligen Jauche.

Anhaltende, heftige Regengüsse müssen in gleicher Weise die Kartoffelerndte gefährden, wenn nicht für genügenden Abzug des Wassers geforgt worden ist.

*) a. a. O. S. 16.

Inwiefern stagnirende Nässe des Bodens nicht nur die Entwicklung der Bacterien begünstigt, sondern auch die Lebensthätigkeit der Kartoffelpflanze, beziehungsweise Knolle, beeinträchtigt, muß speziell darauf gerichteten Studien zu ermitteln überlassen bleiben. Daß Ueberftauung mit *reinem* Wasser, auch wenn sie einige Tage dauert, an sich im Stande sein sollte, ein Absterben der Kartoffel hervorzurufen, erscheint uns unwahrscheinlich, um so mehr, als es gelungen ist, Kartoffeln künstlich in wässrigen Nährlösungen zu züchten. Es entsteht dann aber die Frage, wie beim «Ersaufen» der Kartoffeln der Zerfetzungsproceß so rapide sich vollziehen könne, da noch dazu die Knollen ja im anatomischen Zusammenhange mit den Stengeln sich befanden und überall durch eine Korkschicht geschützt, hierdurch dem Eindringen der Bacterien mußten Widerstand entgegensetzen können.

Allein eine noch am Stengel haftende Knolle ist viel leichter den Angriffen der Bacterien Preis gegeben als eine ausgewachsene, vom Stengel getrennte Kartoffel. Denn sobald dieselbe sich losgelöst hat, verschließt sie die Stelle des früheren Zusammenhanges durch eine feste Korkplatte. Die noch an der Pflanze hängende Knolle steht dagegen im ununterbrochenen Zusammenhange mit den unterirdischen Theilen des Stengels und durch diese auch mit den Wurzeln. In den Wurzeln aber befindet sich die verwundbarste Stelle der Kartoffelpflanze.

Kaum irgend ein Gewächs ist in gleichem Grade wie die Kartoffelpflanze befähigt, jede ihrem Stengel — und zu letzteren gehören auch die Knollen — zugefügte Verletzung fogleich durch Wundkork zu schließen. Dasselbe ist aber nicht der Fall bei Verwundungen der Wurzeln, wenigstens der jungen und dünnen Faserwurzeln. Da nun aber im Erdboden viele kleine Thiere sich befinden, welche die Wurzeln der Kartoffelpflanze annagen, so finden fortwährende Verwundungen statt, welche sich nicht wieder schließen, sondern meist ein theilweises Absterben der betreffenden Faserwurzel zur Folge haben; in der That findet

man häufig solche verletzte und gebräunte, d. h. abgestorbene Wurzelspitzen.

Diese Verletzungen der Wurzeln müssen nun den Bacterien den leichtesten Zugang in das Innere des Kartoffelstengels und somit in die Knollen eröffnen. Daß aber junge, noch nicht ausgereifte Knollen dem Umsichgreifen der Nafsfäule einen nur geringen Widerstand entgegenzusetzen, ist bereits oben durch Thatfachen gezeigt worden.

Unter sonst gleichen Umständen muß auch eine in der Bodenkrupe des Ackers enthaltene größere Menge organischer Substanzen die Entwicklung der Bacterien begünstigen. Ueberreichliche Düngung mit frischem Stallmist wird bei eintretender Nässe die Gefahr sehr bedenklich zu steigern vermögen.

Um die im Keller aufbewahrten Kartoffeln vor Nafsfäule zu schützen, hat SCHACHT*) bereits mit Recht empfohlen, aus den gerendeten Kartoffeln nach Möglichkeit alle Kranken auszulesen, die Kartoffeln selbst möglichst *trocken* an ihren Aufenthaltsort zu bringen und diesen letzteren selbst stets trocken und luftig zu halten.

Endlich haben wir den practisch wichtigen Punct in's Auge zu fassen, ob eine von Fäulniß ergriffene Knolle noch als Ernteproduct irgend welche Verwerthung finden könne, oder ob nichts weiter übrig bleibt, als dieselbe, wie es gegenwärtig meistens geschieht, auf die Dungstätte zu werfen.

Als Ausgangspunkt für diese Betrachtung eignet sich das Stadium der hochgradigen *Nafsfäule*. Wir haben gesehen, daß in diesem Stadium das ganze innere Gewebe der Kartoffel sich in einen weißgelben Brei verwandelt hat, in welchem die Zellhäute aufgelöst sind, während die Stärkekörner noch unverfehrt in der Flüssigkeit schwimmen; später lösen sich dann auch die Stärkekörner. Wenn man nun durch mikroskopische Controle das Stadium abzupassen weiß, wo die Zellhäute in Auflösung begriffen, die Stärkekörner aber noch intact sind,

*) a a. O. S. 22.

so vermag man durch schnelles Austrocknen den gesammten Stärkegehalt der Knolle, also den werthvollsten Bestandtheil der Kartoffel, zu retten.

• Das Aufschütten faulender Kartoffeln auf luftig stehende und von der Sonne beschienene Hürden dürfte hierfür genügen; erhöht man die Temperatur der umgebenden Luft, so wird man die Austrocknung beschleunigen können. Vielleicht würde es sich auch empfehlen, die Stärke-haltige Flüssigkeit durch Auspressen von den Kartoffelschalen zu trennen und dann rasch zu trocknen.

Viel weniger bequem wird es sein, aus den *trockenfaulen* Kartoffeln die Stärke zu gewinnen, weil hier noch die Zellwände erhalten sind und durch die Pilzfäden zu einer zähen, zunderartigen Masse zusammengehalten werden. Es möchte hier von Nutzen sein, die trockenfaulen Kartoffeln durch Uebergießen mit Wasser in nafsfaule zu verwandeln, um die Zellhäute hierdurch in Lösung zu bringen und die Stärke auf diese Weise leichter zu isoliren.

Die aus faulenden Kartoffeln gewonnene Stärke hat eine gelblich-weiße Färbung. Man wird dieselbe durch Auswaschen sicher von den sie verunreinigenden Bacterien und den anderen widrigen Substanzen der putriden Flüssigkeit leidlich reinigen können. Immerhin wird das so erhaltene Stärke-Product nur für technische Zwecke Verwendung finden, vielleicht für Production von Stärkezucker zweiter Qualität. Am meisten möchte diese Stärke sich zur Herstellung des nicht gerade chemisch reinen *Dextrins* empfehlen, welches ja z. B. in der Textilindustrie eine so ausgedehnte Anwendung findet.

Wie man aber nun auch praktisch die aus nafsfaulen Kartoffeln gewonnene Stärke verwerthen will, so viel ist sicher, daß man im Stande ist, der Nafsäule ihren Raub zu entreißen und wenigstens den größeren Theil seines Ernteproductes zu retten. Zuverlässige mikroskopische Analyse der faulenden Knollen muß hierbei als Wegweiser dienen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Entwicklungsgeschichte der wichtigeren, an der Zersetzung der Kartoffelknollen beteiligten Fadenpilze.

1. *Hypomyces Solani*. Syn.: *Fusisporium Solani*.

(Hierzu Taf. I und II).

Der Pilz, dessen Conidienträger unter dem Namen *Fusisporium Solani* bekannt sind, ist ein echter Saprophyt. Während alle Versuche fehl schlugen, das Gewebe lebender Kartoffeln durch keimende Sporen oder Uebertragung von Mycelium mit demselben zu inficiren, durchwuchern die aus den Conidien hervorbrechenden feineren Hyphen in kürzester Zeit eine aus irgend einer Ursache abgestorbene Kartoffel, um ihre Substanz nach und nach vollständig aufzuzehren bis auf die aus Kork gebildete Schale. Die Hyphen durchbohren die Wände der Zellen, um erst den Inhalt der letzteren, hernach auch die Wände selbst zu zerstören. In einer abgestorbenen Kartoffel, welche z. B. durch *Phytophthora infestans* getödtet war, kann, wenn die Kartoffel nicht allzu feucht liegt, das ganze Gewebe durch das *Hypomyces*-Mycelium in dem Grade aborbirt werden, daß nur die unverletzten Stärkekörner in der Kartoffelschale zurückbleiben. Die Stärkekörner scheinen von dem Mycelium direct gar nicht angegriffen zu werden, wenigstens wurde eine Anbohrung derselben nicht beobachtet, wenn wir Sporen auf Objectträgern in einem Wassertropfen keimen ließen, auf dessen Grunde zahlreiche Stärkekörner lagen. Wenn eine abgestorbene Kartoffel, in welche *Hypomyces*

eindrang, dabei in der Nässe liegt, so stellen sich wohl immer daneben noch Bakterien ein, welche das Zerstörungswerk viel rascher vollenden als das Pilzmycelium allein. Wenn auch hierbei die Stärkekörner nächst der Kartoffelschale sich am resistensten erweisen, so gehen doch auch sie unter den für die Zersetzung durch Bakterien (vgl. S. 18) charakteristischen Erscheinungen zu Grunde; die Kartoffel wird in eine jauchige Masse verwandelt, in welcher man nur noch einzelne mehr oder weniger corrodirt Stärkekörner, Pilzmycelien und Bakterien zu erkennen vermag.

Dieser Zustand der eigentlichen Nafsfäule ist aber offenbar der dem Pilze am meisten zuzagende, seine Entwicklung am meisten begünstigende. Selbst in der Jauche, welche sich bildet, wenn man faulende Kartoffeln Monate lang in vielem Wasser liegen läßt, wuchert *Hypomyces* überaus üppig und bildet große Rasen bis zu einem Centimeter Durchmesser, wie *Mucor* oder *Penicillium* auf Fruchtsäften.

Der in Rede stehende Pilz reproducirt sich durch dreierlei Sporen: Microconidien, Macroconidien und Schlauchsporen. Die Darstellung seiner Entwicklung möge anknüpfen an die Keimung der Microconidien, derjenigen Sporenform, welche dem Pilze bislang den Namen *Fusisporium* eintrug.

Die *Microconidien* besitzen sehr verschiedene Gestalt und Größe. (Taf. I, Fig. 1, 2). Am constantesten erweist sich ihr Breiten-Durchmesser, welcher 5 bis 8 Mik. beträgt; ihre Länge dagegen schwankt zwischen 10—50 Mik. Die kleinsten Formen sind im reifen (abgefallenen) Zustande einzellig, die größeren bestehen aus 2 bis 6 in einer Reihe gelegenen Zellen (Taf. I, Fig. 1, 2 b).

Für gewöhnlich findet man fast ausschließlich die längeren Formen, die kürzeren, wie sie in Taf. I, Fig. 1 dargestellt sind, treten nur selten in größerer Menge auf.

Characteristisch ist die Gestalt der Microconidien. Sie sind fast drehrund, stets erheblich länger als dick, an beiden Enden ein wenig verjüngt oder abgerundet, immer unsymmetrisch und in den meisten Fällen sogar schwach sichelförmig gekrümmt. Zuweilen sind die

Microconidien etwas torulös (Taf. I, 10, 11), wahrscheinlich durch nicht ganz geeignete Nährlösung hervorgebracht. In diesen Fällen sind sowohl die Conidien wie das Mycel mit starkkörnigem Plasma dicht erfüllt. Bekleidet sind die Microconidien von einer dünnen Zellhaut, ihr Inhalt besteht in der Regel aus sehr feinkörnigem Plasma, jede Zelle zeigt eine oder einige große, deutliche Vacuolen.

Die Microconiden keimen sehr leicht in reinem Wasser, in der aus faulen Kartoffeln entnommenen Jauche, sowie in einem aus frischen Kartoffeln bereiteten Decoct; dagegen scheint Decoct von Pferdemist die Keimung zu verhindern. Bei der Keimung schwellen zunächst die Gliederzellen der Spore ein wenig an, die Vacuolen im Innern werden größer; darauf vermag eine beliebige Zelle der Spore zu einem Keimschlauche auszuwachsen, dessen Durchmesser stets kleiner ist als der Durchmesser der Spore (Taf. I, Fig. 3). Die beiden Endzellen einer Spore können hierbei direct in den Keimschlauch sich verlängern, d. h. die Spore wächst fort in der Richtung ihrer Längsaxe. Meistens jedoch stellen sich die Keimschläuche, selbst wenn sie aus den Endzellen hervorbrechen, als Strahlen zweiter Ordnung gegen die Axe der Spore. (Taf. I, Fig. 4). Die Membran der Keimfäden ist ein wenig zarter als die der Spore, ihr Inhalt feinkörniges Plasma. In dem Maße, als ein Keimfaden sich verlängert, wächst die Vacuole seiner Mutterzelle der betreffenden Spore, zuletzt ist das gesammte Plasma aus letzterer herausgewandert bis auf dünnen Wandbeleg; man beobachtet dies wenigstens bei den in Wasser statthabenden Keimungen.

Die Dicke eines Keimfadens beträgt ca. 3—4 Mik. Nach mehr oder weniger großer Verlängerung theilt sich der Faden durch eine Querwand. Die vordere Zelle verlängert sich weiter und verhält sich in ihren ferneren Theilungen als Scheitelzelle; in älteren Gliederzellen können aber auch noch hier und da intercalare Wände auftreten, deren Lage von keiner Regel bestimmt wird.

Am gut ernährten Individuum beginnt dann bald eine lebhafte Verzweigung des Myceliums; die Aeste entstehen in der Regel aus

dem vordersten Theil einer Gliederzelle, d. h. dicht unter der dem Scheitel der Hyphe zugekehrten Querwand (Taf. I, Fig. 3). Die Reihenfolge der Aeste braucht keine streng akropetale zu sein, da einzelne Gliederzellen mit der Aftbildung sich verspäten, manche auch gar keine Aeste bilden; früher oder später gliedern sich die Aeste durch eine Querwand, deren Lage nicht streng bestimmt ist, vom Hauptfaden ab und verhalten sich in Theilung und Verzweigung, wie dieser letztere. Auch können gelegentlich aus einer Gliederzelle nach einander zwei Aeste hervorstossen. Die Länge der Gliederzellen wechselt sehr, der Inhalt zeigt zuletzt große Vacuolen.

Die Dicke der Mycelfäden ist sehr verschieden, besonders dünn können die letzten Verzweigungen und kurzen feitlichen Aestchen und Anastomosen werden. Die Hauptäste besitzen dagegen von Anfang an ziemlich gleiche Dicke, das spätere Dickenwachsthum ist nur sehr gering.

Wird der Pilz in geeigneter Nährlösung cultivirt*), so verbreitet das aus einer Spore hervorgegangene Mycelium sich strahlenförmig nach allen Seiten, es entsteht ein kreisrunder Rasen, welcher bis zur Größe von einem Centimeter im Durchmesser beobachtet wurde. Die Verzweigung der Fäden des Myceliums findet vorwiegend in der Horizontalebene statt, so daß die Rasen keine Kugeln, sondern flache Scheiben darstellen; daß diese Scheiben dem unbewaffneten Auge gezont erscheinen, rührt daher, daß in den älteren Theilen auch häufiger sich Aeste aus der Horizontalebene erheben.

Uebersaus häufig sind nachträglich entstandene Quer-Verbindungen zwischen einzelnen Aesten eines Myceliums oder gar zweier, aus verschiedenen Sporen stammender Mycelien (Taf. I, Fig. 2c, 8). Diese Verbindung kann durch einen besonderen, der Sprosse einer Leiter vergleichbaren Commisur-Aft hergestellt werden; oder zwei Fäden legen sich gegen einander, wie bei Zyogonium; oder aber die Fäden

*) Jauche aus faulen Kartoffeln, welche zur Abtödtung der vorhandenen niederen Organismen längere Zeit auf 100° erhitzt wurde.

schniegen sich der Länge nach aneinander, an einzelnen Stellen werden die Wände der Fäden resorbirt, die Inhalte treten in Communication. In der Regel sind die Commissuren leiterförmig, sie entstehen entweder in der Weise, daß von dem einen Faden ein dünnes Aestchen gegen den andern hin wächst und mit seiner Spitze mit ihm verschmilzt, worauf der trennende Wandtheil resorbirt wird, oder auch dadurch, daß von beiden Fäden kleine Seitenästchen ausgehen, welche dann mit ihren Spitzen verschmelzen und in Verbindung treten.

Aus den in einer Flüssigkeit schwimmenden Mycelium-Rasen oder aus dem Mycelium, welches das Innere einer faulen Kartoffel in größter Massenhaftigkeit durchsetzt, sieht man nicht selten große, bis 3 *mm* lange, an der Basis oft 1 *mm* breite, mitunter verzweigte, weißliche Körper sich in die feuchte Luft des der Cultur dienenden Glasgefäßes erheben. Die microscopische Betrachtung lehrt, daß diese Körner aus einem Bündel paralleler, mit einander verwachsener Hypomyces-Hyphen bestehen, welche eine entsprechende Habitus-Form darstellen, wie sie von *Penicillium glaucum* bekannt ist und früher, als eigene Gattung angesehen, mit dem Namen *Coremium* bezeichnet wurde. Da diese eigenthümliche Form des Wachstums sehr zahlreichen Fadenpilzen eignet, so wird es nicht unzweckmäßig sein, hierfür den Ausdruck «*Coremium*» nicht als für eine Spielart in systematischem Sinne, sondern als Bezeichnung eines morphologischen Typus, mag er nun an einer Art normal oder abnorm sich zeigen — darüber entscheidet ja nur die Häufigkeit des Vorkommens — in Zukunft anzuwenden.

Das *Coremium* von *Hypomyces Solani* kommt dadurch zu Stande, daß die Aeste einer Hyphe nicht isolirt, sondern an den Hauptfaden angeschmiegt und in inniger Verbindung mit diesem sich fortentwickeln. Solche Coremien können horizontal fortkriechen, in mannichfacher Weise sich verzweigend, wobei die Fäden steril bleiben: es sind das Rhizomorpha-ähnliche Coremien. Oder sie wachsen aufrecht und ihre älteren, nach außen gekehrten Zweige werden dann meistens zu ein-

fachen Conidienträgern. Die Coremien können aus einem einzigen Aste ihren Ursprung nehmen; der häufigere Fall ist aber, daß verschiedene, dicht neben einander hin wachsende Hyphen sich miteinander zur Coremium-Bildung vereinigen. Letzteres ist besonders deutlich zu erkennen an der Verzweigung, wo seitlich analoge Gebilde aus einem Haupt-Coremium hervorsprossen.

Ist das Coremium einmal constituiert, so vollziehen sich Aufbau und Fortentwicklung desselben mit großer Regelmäßigkeit (Vgl. Taf. I, Fig. 7). Das lebhafteste Wachstum findet statt an der Spitze, die wir deshalb Vegetationspunct des Coremiums nennen dürfen. Eine oder wenige Hyphen überragen die übrigen, diese verlängern sich durch Theilung ihrer Scheitelzellen; die benachbarten kürzeren Hyphen sind aus den ersteren als Aeste entstanden. Das Längenwachstum des Coremiums erfolgt also durch Quertheilung der Scheitelzellen (und gelegentlich von Gliederzellen) des Hyphenbündels, das basipetale Dickenwachstum des Coremiums durch Zunahme der Verzweigung der Hyphen.

Zwischen dem Aneinanderanschmiegen zweier, in einer Flüssigkeit wachsender Hyphen und entwickelten, aufrechten, millimeterdicken Coremien finden sich mannichfach abgestufte Uebergänge. —

Das durch Keimung einer Microconidie entstandene Mycelium kann wieder direct, als erste Fruchtförm, *Microconidien*, erzeugen.

Setzen wir ein in zuzugender Nährlösung (Kartoffeljauche) üppig vegetirendes Individuum als Normalform, so entwickeln sich hier die Microconidien stets auf besonderen Hyphenästen, welche als Conidienträger aufrecht aus der Flüssigkeit in die Luft emporragen. Die Conidienträger pflegen in solchem Falle unverzweigt zu sein; sie stehen aber sehr dicht und bilden einen weissen Schimmel auf der Oberfläche der Flüssigkeit. Diese Conidienträger bestehen aus einem borstenförmig geraden, mehrzelligen, an der Basis dickeren Hyphen-Aste (Taf. I, Fig. 2d).

Die obere Hälfte der Scheitelzelle eines solchen Trägers schwillt ein wenig auf und nimmt die unsymmetrische Gestalt einer Microconidie

an; in der Regel theilt die Sporen-Anlage sich selbst durch eine Querwand in zwei Zellen, bevor sie durch eine zweite Querwand von ihrem Sterigma, d. h. dem unteren Theil der Scheitelzelle des Trägers, sich abgliedert; die weiteren Theilungen der Spore erfolgen darnach. Ist die Spore abgefehnürt worden, so verlängert unmittelbar darauf das Sterigma (die Scheitelzelle des Trägers) sich wieder zu einer neuen Sporenanlage, welche an der gleichen Stelle abgegliedert wird; so kommt es, daß man bei Objectträger-Culturen oft ein ganzes Häufchen von Sporen wie einen Wirtel mit den unteren Enden noch der Spitze des Sterigma's anliegen findet, bis sie durch später gebildete Conidien fortgeschoben werden. (Taf. I, Fig. 2b, Taf. II, Fig. 14b).

Aehnliche, sehr dicht stehende einfache Conidenträger fanden sich auch auf stark nassfaulen Kartoffeln, wo sie weiße Flecke bildeten, die sich stellenweise zu einem zusammenhängenden Ueberzuge erweiterten.

Zu den einfachen Conidenträgern müssen wir auch die Aeste rechnen, welche an der Oberfläche der Coremien Microconidien abfehnüren. (Taf. I, Fig. 7c). Auch aus den Rhizomorpha-ähnlichen Coremien können solche einfache Träger entspringen. Ihre Länge ist ebenso wie auch an den Coremien sehr verschieden. Desgleichen jeder beliebige Ast des Myceliums kann ohne jede Aenderung seiner Form an der Spitze eine Microconidie abgliedern, in der Flüssigkeit oder wenn das Mycelium, z. B. bei Feuchtkammer-Culturen in die Luft hinein wächst; ein solcher Ast kann auch nach Erzeugung von ein oder zwei Conidien wieder in rein vegetativer Weise sich fortentwickeln. Hier und da kann der Conidenträger unmittelbar aus der Microconidie hervorstechen, doch nicht gleich bei der Keimung, sondern erst später, wenn 3—4 Tage nach derselben schon ein ziemlich ausgedehntes Mycel entstanden ist.

Wir haben diese Conidenträger einfache genannt, weil sie in der Regel unverzweigt sind. Es kann jedoch Verzweigung eintreten, indem aus den unteren Zellen eines Trägers längere Seitenäste hervorstechen, welche ebenfalls Conidien erzeugen. Da diese Verzweigung

jedoch ziemlich spärlich und unregelmässig ist, so besitzen solche Conidienträger gar keinen regelmässigen Habitus.

Es finden sich nun aber noch andere Conidienträger, welche sich von Anfang an sehr stark verzweigen und welche dadurch einen ganz eigenthümlichen Habitus bekommen, so dass man sie ohne nähere Untersuchung wahrscheinlich zu einer anderen Species rechnen würde. Diese letzterwähnten Conidienträger zeigen sich insbesondere an faulenden Stengeln und trockenfaulen oder doch nicht ganz naßgefaulten Knollen der Kartoffel. In letzterem Falle durchbrechen die Conidienträger, gewöhnlich überaus reich verzweigt, in dichten Rufen an einzelnen Punkten die Korkschale und bilden hier mehr oder minder grosse, halbkuglige Pusteln, welche sich an der Oberfläche mit einer dichten Lage von Microconidien bedecken. Untersucht man solche Pusteln im noch jungen Zustande, so findet man, dass die dichten und gedrungenen Conidienträger in grosser Zahl horizontal kriechenden, dicken und anscheinend sehr kurzcelligen Myceliumfäden entspringen. (Taf. I, Fig. 5, 6). Die basalen Zellen der schon von unten auf stark verzweigten Conidienträger sind hier sehr verkürzt und ausserordentlich dick. Ihr Hauptstrahl endigt in ein Sterigma, welches Conidien abschnürt, und aus jeder Gliederzelle des Hauptstrahls entwickeln sich ein bis drei Seitenstrahlen, welche auch terminale Conidien erzeugen und sich weiter verzweigen können. Die Verzweigung dieser Conidienträger ist insofern eine höchst eigenthümliche als sie die Merkmale des cymösen und des racemischen Aufbaus in sich vereinigt. Cymös müsste man sie nennen, weil ihre Entwicklung centrifugal ist; denn zuerst entsteht die Terminal-Conidie, immer erst nachher bilden sich Seitenäste. Eine Uebereinstimmung mit dem Racemus gelangt aber dadurch zur Ausprägung, dass die Hauptaxe unbegrenzt fort wächst, immer neue, succedane Terminal-Conidien abgliedert und acropetal immer neue Seitenzweige bildet, welche den Typus der Hauptaxe wiederholen. Wegen der centrifugalen Entwicklung mögen diese Conidienstände aber doch als racemusähnliche Cymen bezeichnet werden.

Diese verzweigten Conidienträger bilden in der Regel dichte,

halbkuglige Polster, welche von einer Kruste zusammenklebender Conidien bedeckt sind.

Als zweite Fruchtform von *Hypomyces Solani* find die *Macroconidien**) zu nennen. Dieselben bilden sich als kuglige Anschwellungen der Endzellen kürzerer oder längerer Mycelium-Aeste (Taf. I, Fig. 8, 9) entweder in der Nährlösung oder in der weichen Masse einer faulenden Kartoffel, oder aber sie ragen in die feuchte Atmosphäre hinein, letzteres häufig bei Culturen im hängenden Tropfen. Gelegentlich stehen auch zwei und mehr solcher Kugeln perlenchnurförmig hinter einander (Taf. I, Fig. 10a), ferner können sie aus Gliederzellen des Fadens sich bilden, während die Terminalzelle fortwächst, doch ist dies letztere feltener. Die Macroconidien entstehen in der Regel in größerer Anzahl nur an altem Mycelium, besonders an den früher erwähnten Coremien, deren unterer Theil häufig von ihnen vollkommen bedeckt ist, während weiter aufwärts Microconidien gebildet werden. Sehr zahlreich sind sie ebenfalls an dem Peritheciën tragenden Mycelium; mitunter entwickeln sie sich aber auch terminal oder auf kurzen Seitenästen an den eben aus einer Microconidie hervorgewachsenen Keimschläuchen (Taf. I, Fig. 10, 11). Das bei Keimung der Macroconidien entstandene Mycelium bildet in der Regel Microconidien, feltener auch Macroconidien (Vgl. Taf. II, Fig. 1, wo der dargestellte Microconidienträger aus dem der Macroconidie entsprossenen Mycelfaden hervorgewachsen war, aber um Raum zu ersparen, in der Zeichnung abgebrochen wurde). Endlich entstehen Macroconidien häufig an den aus Schlauchsporen hervorgewachsenen Keim-Hyphen (Taf. II, Fig. 13).

*) Die Macroconidien dieses Pilzes tragen ihren Namen insofern mit Unrecht, als ihr Volumen in der Regel geringer ist, als dasjenige der Microconidien; dennoch ist aus dieser Thatfache kein Grund herzuleiten, um die durch TULASNE für die Gattung *Hypomyces* eingeführte Nomenclatur zu ändern oder gar umzukehren.

Der Durchmesser der Macroconidien beträgt 7—15 Mik. Ihr Gehalt birgt außer feinkörnigem Plasma größere Oeltröpfchen. Die Zellwand ist beträchtlich derber, als bei den Microconidien und zeigt eine Sonderung in zwei Schalen, eine innere sehr zarte und eine äussere dickere (Episporium), welche letztere entweder glatt (Taf. I, Fig. 8, 9) oder warzig erscheint. Ersteres vorwiegend bei den an den Coremien entstehenden Macroconidien, letzteres bei den an dem Peritheciën tragenden Mycel auftretenden, welche zugleich auch meist etwas bräunlich gefärbt erscheinen. (Taf. I, Fig. 9, 13; Taf. II, Fig. 1). Im jugendlichen Zustande ist das Episporium aller Macrosporen glatt, erst später treten die Warzen auf, bei vielen Individuen bleiben dieselben jedoch ganz aus. Bei der Keimung schwellen die Macroconidien kaum auf, um dann einen oder zwei Keimschläuche zu entfenden (Taf. I, Fig. 12, 13). Ein Aufspringen des Episporiums konnte nicht deutlich beobachtet werden.

Die dritte Fruchtform, die *Peritheciën*, erscheinen auf alten, stark in Zerfetzung begriffenen Kartoffeln in der Regel in Menge (Taf. II, Fig. 2).

Das einzelne Perithecium sitzt ohne Stroma einem lockeren Flechtwerk von Hyphen auf, seine Form ist birnförmig (Taf. II, Fig. 3). Der Bauchtheil des Peritheciums ist hell purpurroth, der Hals orangegelb gefärbt. Die membranartig dünne Wand des Bauchtheils besteht aus mehreren pseudoparenchymatischen Zellschichten, von denen die äusseren gefärbt, die inneren farblos sind. Die äusseren Zellen der Wand entwickeln noch dickwandige Hyphenäste, welche meist in netzförmiger Vertheilung der Oberfläche sich anschmiegen, oder auch als kurze, einzeln stehende Haare hervorragen. Den inneren, farblosen Parenchymzellen der Peritheciumwand entspringen die Schläuche (Taf. II, Fig. 6); der zwischen den Schläuchen vorhandene Raum ist von Gallerte angefüllt.

Die Wand des Hales wird, wie ein Längsschnitt lehrt, aus einer Anzahl von pseudoparenchymatischen Zellschichten gebildet, deren Zellen an GröÙe von Außen nach Innen abnehmen (Taf. II, Fig. 4 w). Aus der innersten dieser Schicht wachsen zahlreiche einzellige Fäden senkrecht gegen den Canal des Hales, sie entsprechen morphologisch den Ascis. An diesen feineren Fäden zeigten sich die ein wenig angeschwollenen Enden häufig durch eine tiefe Einschnürung von dem übrigen Stücke des Fadens getrennt (Taf. II, Fig. 4 f und Fig. 5), wodurch eine gewisse Aehnlichkeit mit der Erzeugung von Spermarien entsteht. Wir gelangten jedoch zu keiner sicheren Ueberzeugung von der Spermarienbildung, weil keine völlig losgetrennten Körperchen gefunden werden konnten. Immerhin würde Spermarien-Ab schnürung im Halse eines Pyrenomyceten nichts gerade absonderliches sein, da ja von TULASNE Spermarien bildende Sterigmen zwischen den Schläuchen von *Peziza benesuada* und am Rande der Scheibe von *Cenangium* beobachtet worden sind.

Die Perithezien erscheinen spät, offenbar nur an ganz alten Mycelien; daher erwies sich die Hoffnung auf Beobachtung der ersten Anlage in Objectträger-Culturen von vorne herein als aussichtslos. Die Orte jedoch, wo sich die Perithezien bei den Massenculturen entwickelten, d. h. die Oberfläche faulender Kartoffeln, erweisen sich sehr ungeeignet für das Auffinden der jüngsten Zustände und erschwerten durch das massenhafte Vorhandensein von Myceliumfäden und Bakterien die sichere Deutung dieser Zustände in hohem Maße. Was ermittelt werden konnte, beschränkt sich auf Folgendes. Die erste Anlage eines Peritheciums dürfte vielleicht in der abgeplattet-sphäroidalen Anschwellung kurzer Myceliumäste zu suchen sein (Fig. 8 auf Taf. II), welche man an Stellen, wo viele Perithezien sich finden, beobachtet. Die jüngste, sicher erkannte Perithecium-Anlage wurde in Fig. 9 Taf. II gezeichnet. Hier ist ein kleiner rundlicher Körper von mehreren kurzen Hyphenästen umwachsen, die wohl zweifellos an seiner Basis entsprungen sind; im Innenkörper *schiennen* einige Theilungen vorhanden zu sein, ihre Lage war jedoch nicht mit Sicherheit zu er-

mitteln. Deutlich dagegen war die Situation in der folgenden Entwicklungsstufe zu erkennen. (Taf. II, Fig. 10). Hier hatte der Innkörper durch zahlreiche Theilungen sich in ein kleinzelliges Parenchym umgewandelt, und ebenso hatten die ihn umziehenden Hyphenäste zu einer geschlossenen, pseudoparenchymatischen, einschichtigen Hülle sich entwickelt; die ganze Anlage saß einem einzigen Myceliumaste auf, und hatte 20 Mik. im Durchmesser. Noch ältere Stadien zeigen auf Durchschnitten die ein bis zwei Schichten starke Hülle mit dickeren Zellwänden ausgestattet und hier und da nach Außen Fäden entsendend, während der Kern ein nach Innen immer zartwandiger werdendes Parenchym darstellt (Taf. II, Fig. 11). Alle Zellen sind hier mit einem grobkörnigen Plasma angefüllt. Nur selten läßt sich aber ein ununterbrochener Zusammenhang der Zellwände dieses Gewebes über die ganze Fläche des Schnittes nachweisen, im Centrum scheinen bereits auf dieser Entwicklungsstufe die Wände zu Gallerte aufgequollen und somit verschwunden zu sein. Halberwachsene Fruchtkörper, wo die äußere Lage der Hülle bereits anhebt sich zu färben, die aber noch kugelförmig sind, besitzen in der Mitte einen mit körniger Masse erfüllten Hohlraum, das parenchymatische Gewebe erstreckt sich höchstens bis zur Mitte des Radius, von Außen gerechnet. Auch zu der Zeit, wo die meisten Sporen in den aus der inneren Wandseicht des unteren Peritheciums hervorgeprofsen Schläuchen sich bilden, sind an der Seitenwandung noch einige der Parenchymseichten des Kerns vorhanden, die man in älteren Peritheciis, welche die Sporen bereits entleert haben, nicht mehr findet.

Die Zahl der in einem Ascus auftretenden Sporen ist eine wechselnde, es wurden 4 bis 8 beobachtet; dieselben liegen nicht alle in einer Reihe, bei der Entstehung sind sie einzellig, später zweizellig; (Taf. II, Fig. 6). Einzelne Individuen bleiben auch zur Zeit der Reife einzellig. Bei der Reife ist ihre Form mehr oder weniger unsymmetrisch, indem die Längsaxe keine gerade Linie bildet (Taf. 2, Fig. 7).

Die Schlauchsporen besitzen ein rauhes, warziges Episorium und zeigen Oeltröpfchen im Innern. Ihr Längsdurchmesser beträgt 13 bis

16, ihr Querdurchmesser 7 — 8 Mik. Sie keimen sehr rasch sowohl in Kartoffeln- als auch in Pferdemist-Decoct; aus einer Spore wurden bis zu vier Keimschläuche hervorwachsen gesehen, deren Austrittsstelle in der Regel seitlich liegt, wobei das Episporium mit einem kleinen, schwer sichtbaren Spalte aufreißt (Taf. II, Fig. 12). Bei einer einzelligen Spore lagen die Austrittsstellen zweier Keimschläuche in der Mittellinie, wo sonst die Querswand auftritt, an zwei diametral entgegengesetzten Punkten.

Bei Objectträger-Culturen einzelner Schlauchsporen fehlen wir an den aus denselben hervorwachsenden Hyphen sowohl die oben beschriebenen Micro- wie Macroconidien entstehen (Taf. II, Fig. 13, 14, in letzterer Figur bei a die Schlauchspore), der strengste Beweis für die Zusammengehörigkeit dieser Perithechien mit den früher Fusi-sporium Solani genannten Conidienträgern.

Weitere Fruchtformen wurden an Hypomyces Solani nicht beobachtet; ob das Oidium violaceum von HARTING wirklich hierher gehört, ist uns zweifelhaft geblieben.

II. *Nectria Solani*. Syn.: *Spicaria Solani*.

(Hierzu Tafel III.)

Unter den Pilzen, welchen die Zerstörung abgestorbener Kartoffelknollen zufällt, ist neben Hypomyces Solani die *Nectria Solani* der häufigste.

Wie schon DE BARY*) nachgewiesen hat, ist auch *Nectria Solani* ein ächter Saprophyt, d. h. sie vermag keine lebende Kartoffelknolle zu inficiren, zu tödten, sondern erst die eingetretene Zersetzung liefert ihr den günstigen Nährboden. Macht man Einschnitte in Knollen oder unterirdische Stengeltheile der Kartoffelpflanze, und bringt in diese Wunden Conidien von *Nectria Solani*, so vermögen dieselben wohl in den direct verletzten Zellen zu keimen, allein die daran gränzende

*) Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit etc. S. 43.

Gewebeschicht wandelt sich durch Zelltheilung, deren Wände der Schnittfläche parallel stehen, in eine Korkplatte um, welche für die übrigen Theile der Pflanze eine absolut sichere Schutzmauer darbietet, ebenso wie die äußere Korkschale der Knolle.

Von *Nectria Solani* wurden zwei Hauptformen der Fructification beobachtet: Conidien und Perithechien mit Schlauchsporen.

Die *Conidien* besitzen eine eiförmige Gestalt, sie sind von einer dünnen Membran bekleidet und zeigen in einem feinkörnigen Plasma eine gröfsere Vacuole; ihre Länge beträgt 4 bis 5, ihre Breite ca. 3 Mik. (Taf. III, Fig. 1, 2). Ausser dieser typischen Form findet man an einzelnen Individuen Conidien, welche schmaler und beträchtlich länger sind als die gewöhnlichen, auch zeigen dieselben in der Regel zwei Vacuolen (Taf. III, Fig. 3). Da aber die kürzesten dieser langen Conidien kaum noch länger sind, als die längsten der gewöhnlichen Conidien, so haben wir es wohl nur mit einer Variation zu thun, und dürfte kein Grund vorhanden sein, zwei typische Sporen-Formen, etwa Macro- und Microconidien, zu unterscheiden.

Die Conidien keimen sowohl in Pflaumen- wie in Pferdemeist- und Kartoffel-Decoct; in den Decoct-Tropfen eines Objectträgers waren frische Stärkekörner gelegt worden, die aber von dem reichlich umherwuchernden Mycelium nicht angegriffen wurden, ein weiteres Symptom der saprophytischen Natur des Pilzes. Die Conidien keimen ebenfalls im Wasser, in welches einige Stärkekörner hineingebracht waren. In reinem Wasser keimen dagegen nur sehr wenige Conidien, indem sie ähnliche kurze, dünne Keimschläuche bilden, wie HOFFMANN für *Acrostalagmus* in Bot. Zeitg. 1854. Taf. VIII abgebildet hat.

Vor dem Beginn der Keimung schwellen die Conidien beträchtlich auf, indem besonders der Breitendurchmesser ungefähr um das doppelte wächst, wodurch die gequollenen Conidie fast Kugelform annimmt und verlängern sich dann auf der einen Seite zu einem Keimschlauche; (Taf. III, Fig. 4); später können dann auch noch aus einer oder zwei anderen Stellen der Conidie Keimschläuche hervorbrechen, welche durch Theilung einer Scheitelzelle sich septiren und

zu einem reichverzweigten Mycelium heranwachsen, an dessen Fäden später auch ausnahmsweise einzelne intercalare Theilungen vorkommen können. (Taf. III, Fig. 5). Das feinkörnige Plasma einer Fadenzelle umschliesst eine große, oder mehrere, in einer Reihe gelegene, kleinere Vacuolen. Aus jeder Mycelium-Zelle können mehrere Aeste entspringen, und zwar ziemlich regellos, nur im Allgemeinen acropetal; auch treten verschiedene Myceliumfäden durch Quercommisuren hier und da in Verbindung. Das in abgestorbenen Kartoffelknollen vegetirende Mycelium vermag die Zellwände der Gewebe zu durchbohren.

Die Conidienträger sind borstenförmige, meistens steif aufrechte Aeste des Myceliums, welche an Dicke das letztere erheblich übertreffen. Sie entstehen als Ausstülpung einer Gliederzelle des Myceliums, welche sich dann durch eine Querwand von ihrer Mutterzelle trennt (Taf. III, Fig. 6); die Entfernung der ersten Querwand des Conidienträgers vom horizontalen Mycelien-Faden ist eine sehr verschiedene. Wir haben somit eine einzellige Anlage eines Conidienträgers; in der Regel verhält sich dieselbe als Scheitelzelle und erzeugt durch Quertheilung einen aufrechten Zellfaden (Taf. III, Fig. 7). Darauf nimmt die Scheitelzelle des Trägers plötzlich eine von der bisherigen abweichende Form an, indem sie sich nach vorne auffallend zuspitzt, am unteren Theile aber leicht flaschenförmig anschwillt. Dieses Aussehen kennzeichnet die bisherige Scheitelzelle als nunmehriges Sterigma, d. h. sie hat die Fähigkeit erlangt, ihre Spitze zu einem kleinen, ovalen Knöpfchen aufschwellen zu lassen und dies Knöpfchen als Conidie abzugliedern, ein Proceß, der sich in rascher Folge wiederholt, so daß binnen kurzer Zeit ein Sterigma zahlreiche Conidien abzuschnüren vermag.

Gleichzeitig damit beginnt dann auch die Verzweigung des Conidienträgers, und zwar wie bei *Hypomyces Solani* nach racemisch-cymösem Schema, indem auf beiden Seiten neben dem Terminalsterigma ein bis drei seitliche Sterigmen nacheinander hervorwachsen. (Taf. III, Fig. 7). Diese seitlichen Sterigmen entstehen als Ausstülpungen aus dem obersten Theile derjenigen Gliederzellen des Conidien-

trägers, welche zunächst unter dem Terminal-Sterigma steht; die seitlichen Sterigmen gliedern ihre Conidien ganz wie dieses letztere ab.

Allein damit ist das Wachsthum der Conidienträger noch nicht abgeschlossen. Zunächst theilt das Terminal-Sterigma, darauf die seitlichen Sterigmen sich durch Querwände in eine Sterigma- (Scheitel-) Zelle und eine Gliederzelle, und aus dem obersten Stück der unter dem Sterigma stehenden Gliederzellen wachsen neue Seiten-Sterigmen hervor, so daß nunmehr ein solcher Conidienträger bereits eine größere Anzahl sporenbildende Sterigmen besitzt (Taf. III, Fig. 9). Diese Zweigbildung setzt sich fort, dabei stehen die Aeste keineswegs immer in einer Ebene, wie es der Uebersichtlichkeit wegen in Figur 9 dargestellt wurde, sondern es entsteht, da die Spitzen der Sterigmen ziemlich gleich hoch liegen, ein cymöser Ebenstraufs. Die Aeste des Conidienträgers legen sich gewöhnlich dicht an einander an, nur die zuerst auftretenden stehen häufig weit ab und entwickeln später auch ihre besondere Sporenkugel. Diese Aeste stehen auch meist einzeln an den Zellen, seltener zu zweien oder dreien.

Einzelne Conidienträger können übrigens auch ganz einfach bleiben; entwickeln sie sich in einer Nährlösung, so unterscheiden sie sich im Habitus kaum von den sterilen Aesten des Myceliums (Taf. III, Fig. 3).

Wie schon DE BARY beobachtet hat, sondern die jungen Conidien an ihrer Oberfläche eine klebrige Substanz aus, durch welche sie aneinander haften, (Fig. 7) wenn ein Sterigma successive mehrere Conidien erzeugt. Diese aneinander hängenden Conidien ordnen sich zu einer kleinen Kugel; stehen die Spitzen der Sterigmen eines verzweigten Conidienträgers dicht bei einander, wie es im Allgemeinen die Regel ist, so bildet sich gewöhnlich zuerst über jedem Sterigma eine kleine Sporenkugel, später verschmelzen diese bei der Berührung mit einander, und es entsteht so eine größere Sporenkugel über der ganzen Cyma. Man findet die schönsten solcher Kugeln (Taf. III, Fig. 9), wenn bei Objectträger-Culturen die Conidienträger in den feuchten Raum der Glas-Zelle hineinwachsen. Die Anziehungs-

kräfte, welche die genau sphärische Begrenzung der Sporenhaufen veranlassen, sind wohl dieselben Molekularkräfte, unter deren Einfluß alle tropfbaren und zähflüssigen Körper die Kugelform annehmen, denn wir müssen uns vorstellen, daß die Sporenkugeln aus einer etwas zähflüssigen Grundmasse bestehen, in der die Sporen ziemlich dicht gedrängt liegen. Die Grundmasse besteht aus dem Wasser, welches sich in dem feuchten Raum an den Sporen niedergefallen hat, in diesem hat sich die die Conidien umgebende, gummiartige Substanz vertheilt. Daß die Sporen nicht etwa auf der Oberfläche eines von einer zähen Flüssigkeitsschicht bedeckten Luftbläschens adhären, dürfte aus dem Veruche hervorgehen, daß, wenn man einen solchen Conidienträger an der Luft austrocknet, eine Sporenkugel nur ganz wenig schrumpft. Auch die ungeheure Menge von Conidien, in welche eine Sporenkugel, wie die in Fig. 9 gezeichnete, sich auflöst, wenn man sie in einen flachen Wassertropfen bringt, läßt nicht wohl die Vorstellung einer Hohlkugel zu.

Die langen Conidienträger mit langem Stützfaden oder Podium (Fig. 7) entwickeln sich hauptsächlich aus Mycelium, welches in einer Flüssigkeit vegetirt und ragen als schneeweißer Schimmel in die Luft empor. Auch die Oberfläche faulender Kartoffeln ist, wenn sie etwas feucht liegen, oft dicht mit ihnen besät. In jenen dichten, warzenförmigen Rafen jedoch, welche die Schale faulender Kartoffeln durchbrechen, sind die Stützfäden der Conidienträger meist sehr verkürzt (Taf. III, Fig. 8). Indem ein Träger dicht über dem Myceliumfaden sich abgliedert, kann gleich die erste oder zweite Zelle zum Sterigma werden. Die Verzweigung eines solchen Conidienträgers beginnt dann schon dicht über seiner Basis (Fig. 8 a b) und da dieselben, entsprechend den verzweigten Conidienträgern von *Hypomyces Solani*, ebenfalls meist in größerer Anzahl dicht neben einander aus einem oder mehreren kriechenden Zellfäden hervorwachsen, so entstehen jene dichten, polsterförmigen Rafen, die sich mit einer dicken Kruste von Conidien bedecken.

Außer diesen Rafen beobachtet man auch Coremium-Bildung,

indem längere verzweigte Myceliumfäden bei paralleler Wachstumsrichtung mit einander in lockere oder dichtere Verbindung treten. Ob dieselben ursprünglich einem Individuum angehörten, also aus *einer* Conidie hervorgingen, ist nicht zu ermitteln, aber auch kaum von Belang. Diese Coremien spitzen sich nach vorne kegelförmig zu und ihre obersten Aeste produciren Conidien; an der Basis können sie aus nur wenigen Fäden bestehen.

Neben den Conidienträgern gelangten auch die *Peritheccien**) von *Nectria Solani* zur Beobachtung.

Diese Peritheccien stehen in größerer Zahl beisammen und entspringen der Oberfläche eines gemeinsamen, fleischigen Stroma (Taf. III, Fig. 10). Solche Peritheccien tragende Stromata durchbrechen in großer Menge die Schale nassfauler Kartoffeln, welche vom Mycelium dieser *Nectria* durchwuchert werden.

Die Farbe der Peritheccien ist für gewöhnlich blafs- ockerfarbig, selbst fast weiß; doch wurden auch ganze, lebhaft orangerothe Gruppen beobachtet, welche dennoch der gleichen Pilzspecies angehörten, wie die aus den gekeimten Schlauchsporen sich entwickelnden Individuen bei der Bildung der Conidienträger bewiesen.

Das Stroma besteht im nicht vollkommen entwickelten Zustande aus verflochtenen Hyphen, welche im unteren Theil vorwiegend senkrecht gegen die Oberfläche der Kartoffel verlaufen, die aber oft von einzelnen oder Bündeln schräg verlaufender Fäden durchsetzt werden. Die Hyphen besitzen die gewöhnliche Dicke des *Nectria*-Mycels, sind septirt und lassen größere Lufträume zwischen sich. Später wachsen die einzelnen Gliederzellen bedeutend in die Dicke, und es entsteht dadurch ein pseudoparenchymatisches Gewebe ohne Lufträume, wie es für Sclerotien bekannt ist. In den erwachsenen Stromata sind die Zellen mit großen, farblosen Oeltropfen erfüllt. Eine deutlich abgesetzte Rindenschicht ist nicht vorhanden, einige der äußeren Zelllagen sind kaum etwas dunkler gefärbt.

*) Dieselben wurden, wie es scheint, gleichzeitig mit uns von ZOPF aufgefunden; in der Veröffentlichung der Thatfache gebührt diesem Beobachter die Priorität.

Die freie Oberfläche der Stromata ist mannigfach ausgebuchtet (Taf. III, Fig. 10). In der Jugend ist sie mehr oder weniger von sterilen unverzweigten Mycelfäden, welche radial ausstrahlen, bedeckt. Die Entstehung des Stroma aus den Hyphen des Myceliums wurde nicht beobachtet, doch unterliegt es wohl kaum einem Zweifel, daß dieser Proceß ebenso verläuft, wie die Bildung eines Sclerotiums bei anderen Pilzen; morphologisch dürften Sclerotium und Stroma ja auch gleichwerthig sein.

Die Peritheciën entwickeln sich als kleine, halbkugelförmige Anschwellungen auf der oberen Seite des Stroma (Fig. 10). In diesem Zustande bestehen sie aus einem gleichmäßig pseudoparenchymatischen Gewebe; dann tritt im Innern, wie es scheint durch Verflüssigung und Auflösung des inneren Gewebes, ein Hohlraum ein, welcher später als Canal die etwas warzenförmig aufgetriebene Spitze des Peritheciums durchsetzt. Die Peritheciumwand besteht aus mehreren Zelllagen. Die Zellen der äußeren Lagen sind größer als die der inneren, polyedrisch mit dünner Wand und entweder farblos oder schwach orange gefärbt. Sie enthalten wie die Zellen des Stroma meist einen großen, farblosen Oeltropfen. Die äußeren Zelllagen gehen allmählich in die inneren über, welche bedeutend kleiner und in der Richtung des Radius stark zusammengedrückt sind. Ihr Inhalt ist klar ohne jenen großen Oeltropfen.

Aus der Basis des Peritheciums wachsen Schläuche in diesen Hohlraum hinein, zunächst von grobkörnigem Plasma erfüllt (Taf. III, Fig. 11).

In den Schläuchen bilden sich 8 Sporen, bald in einer Reihe, bald mehr neben einander liegend, wodurch der Schlauch keulenförmig aufgetrieben wird (Taf. III, Fig. 12 a b). Die Sporen sind farblos, zweizellig, an der Querwand eingeschnürt und fast symmetrisch, ihr Epifporium ist in der Regel etwas warzig, mitunter ganz glatt; die Länge der Sporen beträgt 8—14, ihre Breite 4—6 Mik. (Taf. III, Fig. 13).

Bei der Keimung entwickeln sich aus jeder Spore, welche dabei

stark anschwillt, 2 bis 4 Keimschläuche, deren Austrittstellen an den Spitzen oder seitlich liegen können (Fig. 14, 15).

An dem, aus den keimenden Schlauchsporen hervorgewachsenen Mycelium entstehen die oben erwähnten Conidienträger, welche bisher als *Spicaria Solani* bezeichnet wurden; zuweilen sieht man einen Conidienträger direct aus der Schlauchspore sich erheben (Taf. III, Fig. 16).

III. Chaetomium bostrychodes und crispatum.

(Hierzu Tafel IV.)

Unter den Pilzen, welche auf faulenden Kartoffeln sich zeigten und deren Mycelium die Zerstörung derselben herbeiführte, fanden sich sehr häufig auch Chaetomien; eine kleinere Art fast allgemein, wahrscheinlich *Ch. bostrychodes* von ZOPF, eine grössere Art seltener, letztere ist jedenfalls das *Ch. crispatum* von FÜCKEL. Die Mycelien dieser Pilze durchwuchern das Innere abgestorbener Kartoffelknollen in gleicher Weise, wie diejenigen von *Verticillium cinnabarium*, *Nectria* und *Hypomyces Solani*, es sind feine, farblose Fäden, welche die Zellwände durchbrechen, daher sie auch im sterilen Zustande von *Nectria* und *Hypomyces* sich nicht unterscheiden lassen und man die kleinen Conidienträger leicht überieht. Erst durch die höchst auffallenden, auf der Oberfläche fauler Kartoffeln sich bildenden Perithezien wird man auf das Vorhandensein des Pilzes aufmerksam gemacht.

Das Verhalten des Myceliums ist übrigens auch in so fern ein beachtenswerthes, als kleine Seitenäste desselben sich in die noch gefunden Stärkekörner hineinbohren, um hier gelappte und verzweigte Haustorien zu bilden, welche das Stärkekorn nach und nach aufzehren. Es wurde dies Verhalten ganz direct beobachtet, indem in Wassertropfen auf Objectträgern, welche eine Anzahl gefunder Stärkekörner enthielten, Schlauchsporen von beiden Chaetomien ausgefäet wurden. Dieselben keimten, und wir sahen Mycelium-Aeste derselben in die

Stärkekörner eindringen und im Innern derselben zu Haustorien aufschwellen. Nach kurzer Zeit waren die meisten Stärkekörner dieser Culturen von Innen her aufgelöst, und es blieb ein Knäuel verschlungener Pilzfäden zurück.

Es war unsere Absicht, gerade die Entwicklungsgeschichte von *Chaetomium* einem eingehenderen Studium zu unterwerfen, es waren auch bereits zahlreiche Thatfachen beobachtet und eine Anzahl von Zeichnungen ausgeführt, als die vorläufige Mittheilung von W. ZOPF*) über diese Pilzgattung erschien. Aus dieser Mittheilung geht hervor, daß wir von ZOPF eine umfassendere, entwicklungs-geschichtliche Arbeit über *Chaetomium* zu erwarten haben, und schien es uns daher überflüssig, den gleichen Gegenstand noch weiter zu verfolgen. Wir beschränken uns daher im Folgenden auf eine Mittheilung der wichtigeren unter den beobachteten Bruchstücken und auf eine Publication der bereits angefertigten Zeichnungen, weil dieselben immerhin einen nicht unbeträchtlichen Aufwand an Arbeitskraft repräsentiren.

Die Conidienträger wurden genauer nur von *Ch. crispatum* untersucht (Taf. IV, Fig. 8); diejenigen von *Ch. bostrychodes* verhalten sich denselben jedoch ganz ähnlich. Dieselben besitzen einen ähnlichen Aufbau wie die von *Nectria Solani*. Ein kurzer Seitenast aus einer Myceliumzelle spitzt nach vorne sich zu, unter leicht flaschenförmiger Anschwellung des basalen Theiles und gliedert durch eine Querwand vom Mutterfaden sich ab. Diese flaschenförmige Zelle ist ein Sterigma, welches an seiner Spitze Conidien abgliedert (Taf. IV, Fig. 8 a b). Diese Conidien hängen durch Ausfonderung einer klebrigen Masse entweder in Köpfchen, wie bei *Verticillium* und *Nectria Solani*, oder häufiger in Reihen zusammen. Wurde zuerst ein Köpfchen gebildet und ordneten die Conidien erst später sich in eine Reihe, so kommen Anficthen zu Stande, wie in Fig. 8 b d). Darauf theilt sich das Sterigma durch eine Querwand in ein neues Sterigma und eine Gliederzelle; aus dem oberen Ende der letzteren wächst erst ein (Fig. 8 c)

*) Sitzungsber. des botan. Ver. d. Prov. Brandb. v. 27. Juli 1878.

und dann ein zweites (Fig. 8 d) seitenständiges Sterigma hervor, so daß wir auch hier wieder zum Schema der unbegrenzten Cyma gelangen. Diese Conidienträger beobachteten wir an Hyphen, die in Objectträger-Culturen aus Schlauchsporen von *Ch. crispatum* hervorgewachsen waren.

Die Conidien sind kleine, ovale Zellen mit farblosem Inhalt, meist mit einem stark lichtbrechenden Körnchen von ungefähr 2 Mik. Länge und 1 Mik. Breite. Keimung wurde an denselben nicht beobachtet, was mit den Angaben von ZOPF übereinstimmt. Eine Beschreibung der Conidien und Conidienträger hat ZOPF bisher nicht veröffentlicht.

Die zweite Fruchtförm von *Chaetomium*, die *Perithezien*, sind ausgezeichnet durch ihre Bekleidung mit langen, dunkelfarbigten Haaren, so daß sie bereits dem unbewaffneten Auge höchst auffallend erscheinen. Die beiden, auf Kartoffeln beobachteten Arten besitzen zweierlei derartige Haare, gerade und spiralig gedrehte, welche über dem Scheitel des Peritheciums einen dichten, lockenförmigen Schopf zusammenfetzen.

Die Perithezien von *Ch. crispatum* sind nahezu kugelförmig, sie halten ungefähr 0,5 mm im Querdurchmesser. Die Peritheciumwand besteht aus einem zarten, dunkelbraunen Pseudoparenchym, welches im trockenen Zustande überaus zerbrechlich ist. Von der Oberfläche des Peritheciums entspringen nach allen Richtungen braune, gerade oder geschlängelte, gegliederte Haare von beträchtlicher Länge.

Zwischen diesen geraden Haaren stehen dann die spiraligen in ähnlicher Anordnung, wie sie für *Ch. bostrychodes* in Fig. 9 der Tafel zur Darstellung gebracht worden sind. Die Art der Windung ist jedoch für *Ch. crispatum* (Taf. IV, Fig. 1) eine andere, als für *Ch. bostrychodes* (Taf. IV, Fig. 10), indem bei ersterer Art sich abwechselnd eine weite und eine sehr enge Schleife bildet. Die Dicke der gewundenen Fäden von *Ch. crispatum*, die an der Oberfläche mit kleinen spitzen Warzen bedeckt sind, beträgt ungefähr 10 Mik.

Aus der Basis des Peritheciums ragt in den inneren Hohlraum desselben hinein eine Gruppe von langgestielten Schläuchen, deren

jeder im entwickelten Zustande 8 in einer Reihe gelegene Sporen einschließt. Die Länge der ganzen Schläuche beträgt im Durchschnitt 110 Mik., die des Sporen enthaltendes Theiles 70 bis 80 Mik.; die Wand der Schläuche ist äußerst zart und zerfällt bei der Reife der Peritheccien, welche dann von einem lockeren Sporenpulver angefüllt sind. Die Schlauchsporen sind oval, einzellig, beiderseits leicht zugespitzt, 10 bis 12 Mik. lang, 7 bis 9 Mik. breit. Das Episporium ist glatt, von hellbrauner Farbe.

In einem Wassertropfen gelangten die Sporen nicht zur Keimung, dagegen leicht auf benetzten Kartoffelschnitten, die Keimpflanzen gediehen auch gut in verdünntem Pferdemist-Decoct. Bei der Keimung tritt das Endosporium an einer der Spitzen der Spore hervor und bildet hier in der Regel ein kugliges Bläschen von dem Durchmesser der Schlauchspore (Taf. IV, Fig. 4), aus welchem dann zahlreiche, stark verzweigte und septirte Myceliumfäden entstehen (Taf. IV, Fig. 5 und 6); mitunter können die Fäden auch direct aus der Spore hervorstechen. Die Dicke der stärkeren Fäden beträgt 3 bis 4 Mik., dieselben können, wie schon hervorgehoben, in das Innere gesunder Stärkekörner eindringen und diese letzteren nach allen Richtungen durchbohren.

Am Mycelium entwickeln sich Conidienträger oder Peritheccien.

Ch. bostrychodes ist in allen Stücken kleiner.

Die Peritheccien sind kugelig oder leicht ellipsoidisch, ihre ganze Oberfläche ist bedeckt mit geraden, gegliederten Haaren, die zur Zeit der Fruchtreife meist abgebrochen sind, und den Scheitel krönt ein dichter Schopf sehr zierlicher, unregelmäßig korkzieherförmig gewundener Haare (Taf. IV, Fig. 9). Ein einzelnes dieser gegliederten, rauhen Haare (Fig. 10) mißt 5 bis 6 Mik. in die Dicke. Der Durchmesser der ganzen Peritheccien beträgt 180 bis 250 Mik.

Die Länge der Schläuche mißt ungefähr 70 Mik., die des Sporen enthaltenden Stückes 40 bis 50 Mik. Die Sporen sind in einer Reihe angeordnet (Fig. 11), sie sind oval, beiderseits zugespitzt, 6 bis 8 Mik. lang, 4 bis 5 Mik. breit, anfangs farblos, später braun (Fig. 12). Bei

der Keimung tritt das Endosporium auch hier aus der einen zugespitzten Seite der Spore in Gestalt eines Bläschens hervor, um dann nach zwei oder mehr Richtungen sich zu Keimschläuchen zu strecken. An den Fäden des Myceliums, die aus verschiedenen Sporen einer Ausfaat hervorgegangen waren, kommen die mannichfachsten Anastomosen und Verschmelzungen vor (Fig. 15). In der angewandten Nährlösung (vesdünnter Pferdemißdecoct mit eingestreuten Stärkekörnern) bildeten sich häufig am Mycelium eigenthümlich gestaltete Aeste aus mit etwas angeschwollenen Zellen und stärker lichtbrechendem, aber mehrere Vacuolen einschließenden Plasma (Fig. 16 a b). Diese Aeste, wie auch ganze, ältere Myceliumfäden, die durch intercalare Theilung sehr kurzzellig wurden und das gleiche Aussehen des Zelleninhalts zeigen, zerfallen häufig in ihre einzelnen Gliederzellen; besonders in concentrirter Nährlösung ist dies der Fall (Fig. 17). In verdünnter Lösung ist auch das Wachsthum ein rascheres. Die Stärkekörner werden in der gleichen Weise angegriffen, wie durch *Chaet crispatum*.

In den Objectträger-Culturen wurde keine Bildung von Conidienträgern beobachtet; wohl aber entstanden am Mycelium Perithechien. Die ersten Anlagen derselben waren sehr klein und überaus durchsichtig, es war nur mit Mühe zu erkennen, daß diese jüngsten Anlagen bestanden aus einer Gruppe sehr kleiner kurzer Aeste an einem dickeren Myceliumfaden, die gleich von vorne herein auf das engste mit einander verwachsen waren. In einzelnen dieser Anlagen wurde deutlich ein etwas dickerer, etwa zwei Schraubenwindungen zeigender Aft gesehen, um welchen die übrigen sich zu einer Hülle verflochten. Nach ZOPF ist jedoch ein solcher Schraubenast keineswegs constant für *Chaetomium*. In dem kleinen, kugeligen Knäuel, welches das Perithecium nun darstellt, sind die peripheren Fäden zu einer pseudo-parenchymatischen Wand verbunden, welche demnächst anfängt, sich leicht zu bräunen, und aus einzelnen Flächenzellen lange, gerade, gegliederte, bräunliche, an der Spitze farblose Haare entsendet (Fig. 18). Darauf vergrößert sich die Anlage und schließlich bricht, wenn das Perithecium 60 bis 70 Mik. im Durchmesser hält, aus dem Scheitel

desselben ein dichter Büschel von braunen Haaren hervor, die anfangs gerade sind und erst später sich korkzieherförmig krümmen (Fig. 9).

Für die beiden besprochenen Arten von *Chaetomium* mag noch erwähnt sein, daß, wenn die Sporen auf der Schnittfläche einer gefunden Kartoffel ausgesät und gekeimt waren, die Kartoffel durch Bildung einer Korkplatte sich in gleicher Weise dagegen zu schützen vermag, wie gegen *Nectria* und *Hypomyces Solani*; auf solchen Schnitten gefunder Kartoffeln vegetirt das Mycelium von *Chaetomium* immer nur oberflächlich.

IV. Stysanus Stemonitis und St. capitatus.

(Hierzu Tafel V und VI.)

An alten, in Verwitterung begriffenen Schnittflächen von Kartoffelknollen, sowie an der Oberfläche faulender Stengel und Knollen fanden sich im Laufe des letzten Jahres häufig zwei Arten der Gattung *Stysanus*, von welchen die eine, weil keine der in der einschlägigen Literatur vorhandenen Abbildungen und Diagnosen darauf passen wollte, den Namen *St. capitatus* führen mag. Von *St. Stemonitis* wenigstens ist es nun bekannt, daß derselbe keineswegs an abgestorbene Reste der Kartoffelpflanze als Substrat gebunden ist, sondern sehr verbreitet auf altem Holze, Mist und allen möglichen Substanzen sich findet, ja es ist kaum wahrscheinlich, daß diesen Pilzen ein hervorragender Antheil an der Zersetzung abgestorbener Kartoffeln zufällt, sondern ihr Vorkommen dafelbst ist wie das so vieler anderer Pilze (vgl. S. 11) nur ein gelegentliches, indem diese Saprophyten auch der Kartoffel die nöthigen Nährstoffe zu entziehen vermögen.

Der Grund, weshalb in dieser Abhandlung die *Stysanus*-Arten in den Bereich genauerer Betrachtung gezogen wurden, beruht deswegen auch nur auf dem hervorragenden morphologischen Interesse, welches an diese Pilze sich knüpft.

Von dem *Stysanus Stemonitis* bemerkt man mit unbewaffnetem Auge feine hell-grünlich- oder schwärzlich-grauen Fruchtkörper, ein bis wenige Millimeter hoch. Diese Fruchtkörper zerfallen in den Stiel und das etwas keulenförmig sich erweiternde, nach vorn jedoch wieder zugespitzte Hymenium (Taf. V, Fig. 1). An seiner Basis löst der Stiel sich auf in zahlreiche, gegliederte, Wurzelhaar-ähnliche Hyphen, die am Substrate haften; die eigentlich Masse des Stieles besteht aus gegliederten, parallel laufenden oder gelegentlich sich schlängelnden, hier und da verzweigten Hyphen von 3 bis 4 Mik. Dicke, welche der Länge nach mit einander zu einem festen Bündel verwachsen sind. (Fig. 2, welche einen zwerghaft kleinen und daher sehr einfach gebauten Fruchtkörper darstellt).

Wo das Hymenium beginnt, zweigen Aeste dieser Hyphen nach allen Seiten sich büschelförmig ab, um von ihren Endgliedern reihenförmig zusammenhängende, ovale Sporen abzufschnüren, welche als *Microconidien* bezeichnet werden mögen (Fig. 3); dieselben messen in die Länge etwa 7, in die Breite 4 Mik., sie sind farblos oder schwach gebräunt und von einer ziemlich zarten Zellhaut bekleidet.

Die Keimung der *Microconidien* und die Entwicklung des *Myceliums* ist leicht sowohl in Pferdemiß- wie in Pflaumendecoct zu beobachten; in der Regel entsteht zuerst nur ein Keimschlauch, später auch mehre aus einer Conidie (Fig. 4), welche sich septiren und lebhaft in seitlicher Verzweigung verästeln (Fig. 5).

Verwendet man Pflaumen-Decoct als Nährlösung, so schwellen zahlreiche Gliederzellen eines größeren, aber aus einer Conidie hervorgewachsenen *Myceliums* kugelförmig auf und werden zu Blasen, deren Inhalt später eine bräunliche Färbung annimmt (Fig. 6). Manche Fäden theilen sich dann in sehr kurze, torulaförmig sich rundende Gliederzellen, in welche sie schließlich zerfallen können (Fig. 6a). Viele Fäden treten auch durch Querkommiffuren mit einander in Verbindung.

Am *Mycelium* entstehen nun, besonders schön in Pferdemiß-Decoct, aus einzelnen Hyphen als Seitenäste kleine, einfache Conidien-

träger, welche ebenfalls Microconidien erzeugen (Taf. V, Fig. 7). Ein solcher Conidienträger ist im Anfang eine einfache, fettliche Ausfüllung eines Myceliumfadens, die als Sterigma an ihrem Scheitel successive eine Reihe von Conidien abzugliedern vermag (Fig. 7a), welche durch eine klebrige Substanz an einander haften bleiben. Später kann dann dies Sterigma durch eine Querwand sich theilen in eine Basalzelle und ein neues Sterigma; aus dem obersten Stück der Basalzelle können fettliche Sterigmen hervowachsen, und diese Verzweigung vermag sich zu wiederholen, so daß ein unbegrenzt-cymöser Conidienstand entsteht, wie er für *Hypomyces* und *Nectria Solani* beschrieben worden ist. Die an diesen einfachen Trägern entstandenen Conidien keimen in gleicher Weise wie die den zusammengesetzten Fruchtkörpern entstammenden.

Es ergibt sich hieraus eine vollständige Analogie zu dem Microconidien erzeugenden Apparate z. B. von *Hypomyces Solani*; auch dort entwickelten sich die Microconidien an einzelnen, verzweigten Hyphenästen, wie an größeren, durch Verwachsung isolirter Hyphen gebildeten Körpern, die wir als *Coremien* bezeichnet haben. Demgemäß mögen die Fruchtkörper von *Stysanus* ebenfalls *Coremien* genannt werden.

Die Entstehung und Entwicklung dieser Coremien läßt sich in Objectträger-Culturen auf das bequemste verfolgen. Die erste Anlage giebt sich zu erkennen als eine meist etwas dickere Ausfüllung aus einer beliebigen Gliederzelle des Myceliums. Diese Ausfüllung theilt sich quer und wächst durch Theilung der Scheitelzelle zu einer kurzen Zellenreihe von drei bis fünf Zellen heran. An einer solchen, aus einer kurzen Zellreihe gebildeten Anlage wachsen dann aus den obersten Theilen der Gliederzellen Seitenäste hervor, welche, dem Hauptfaden dicht sich anschmiegend, mit diesem verwachsen (Taf. V, Fig. 10). Später wachsen aus der Basis dieser auftretenden Seitenäste andere nach abwärts (Fig. 11w), um an der Basis des Fruchtkörpers als Rhizoiden sich auszubreiten. Diese Rhizoiden können auch direct

dem untersten Theile einer Gliederzelle des Hauptfadens entspringen (Fig. 12w).

So kommt durch vielfache Zweigbildung ein junges Coremium zu Stande (Fig. 12), welches durch Spitzenwachsthum mit einem ähnlich gestalteten Vegetationspuncte sich verlängert, wie das Taf. I, Fig. 7 gezeichnete Coremium von *Hypomyces Solani*; feine Verbreiterung erfolgt durch immer erneute Anlegung seitlicher Aeste.

Während aber bei *Nectria* und *Hypomyces Solani* die beobachteten Coremien sicherlich größtentheils durch Verbindung zahlreicher, ursprünglich getrennter und nur zufällig parallel wachsender Hyphen sich bilden, so entsteht das Coremium von *Stysanus Stemonitis* aus einer einzigen Hyphe durch Zweige, welche dieser Centralhyphe von vorne herein auf das engste sich anschmiegen, mithin aus einer Mutterzelle.

Später werden diese Coremien schon für die Loupe wahrnehmbar als spitz zulaufende Körperchen (Fig. 1a). Wenn die Fructification beginnt, so zweigen zur Bildung des Hymeniums seitliche Aeste vom Coremium sich ab, um die Conidien zu erzeugen. Diese einzelnen, Conidien tragenden Aeste des Coremiums verhalten sich ganz wie die oben beschriebenen einfachen, am Mycelium auftretenden Microconidien-Träger. Es kann auch vorkommen, daß ein Ast sich schon früher abzweigt und dann als ein solcher einfacher Träger seitlich am Coremium hervorragt. An den ein langgestrecktes Hymenium tragenden Fruchtkörpern entwickeln sich die Conidien erzeugenden Aeste in acropetaler Folge.

Außer den Microconidien werden bei *Stysanus Stemonitis* auch *Macroconidien* beobachtet; dieselben treten am häufigsten auf in Pflaumen-Decoct. Diese Macroconidien entstehen stets auf gewöhnlichen Trägern, die aber auch seitlich aus einem Coremium hervorsprossen können. Diese Macroconidien-Träger sind daher häufig als ein auf *Stysanus Stemonitis* vorkommender Parasit unter dem Namen *Echinobotryum atrum* beschrieben worden. Ein solcher Träger entsteht als seitliche Ausstülpung aus der Gliederzelle eines Mycelium

Fadens, welche an der Spitze anschwillt und diese Anschwellung durch eine Querwand abgliedert (Fig. 8a). Indem die Anschwellung zur Spore heranwächst, nimmt sie eine zugespitzte Gestalt an, sie misst bei der Reife 9 bis 11 Mik. in die Länge, etwa 7 Mik. in die Breite und ist von einem derben, warzigen, schließlicb dunkel gefärbten Epispodium bekleidet (Fig. 9). Nachdem die auf dem kurzen Träger terminal stehende Macroconidien ausgewachsen, entspringen aus dem obersten Ende der Trägerzelle eine oder zwei seitenständige Macroconidien (Fig. 8b). Dann kann auch die Gliederzelle durch eine Querwand in zwei Zellen zerfallen, und aus dem obersten Ende der unteren Gliederzelle ein Seitenast hervorwachsen, der wieder an der Spitze Sporen erzeugt. Diese Bildung kann sich am Hauptstrahl wie an den Seitenstrahlen wiederholen, so daß kleine, gedrängte Macroconidienstände zu Stande kommen, welche den gleichen Aufbau wie die Microconidienstände und die verzweigten Conidienträger anderer, in dieser Abhandlung beschriebenen Pilze besitzen (Fig. 8c). Unmittelbar nach dem Reifen keimten die Macroconidien nicht, sondern erst nach einer zweimonatlichen Austrocknung, in Mistdecoct. Die Keimschläuche treten dabei an einer oder mehreren Stellen aus der Spore hervor und verzweigen sich sehr reichlich.

Andere Fruchtformen, namentlich Ascusfrüchte, sind an *Stysanus Stemonitis* trotz lange fortgesetzter Culturen nicht gefunden worden.

St. capitatus unterscheidet sich von *St. Stemonitis* schon leicht durch den Habitus. Auf einem aufrechten, aus parallelen, verwachsenen Hyphen gebildeten Stiele, welcher mit Rhizoid-artigen Hyphen am Substrate haftet, steht terminal ein breites Köpfchen verzweigter, die Microconidien in Reihen abschünürender Aeste, in welche der pseudoparenchymatische Stiel sich auflöst (Taf. VI, Fig. 1). Mitunter sind Köpfchen und Stiel ziemlich tief hinein gespalten in zwei (Fig. 2) oder mehrere Theile.

Die Microconidien sind oval, 6 bis 7 Mik. lang, 3 bis 4 Mik. breit (Fig. 3). Ihre Keimung erfolgt wie bei *S. Stemonitis*, die Austrittsstelle des sehr bald septirten Keimschlauches ist unbestimmt (Fig. 5).

Zwischen verschiedenen Myceliumfäden kommen sehr häufig Quercommiffuren vor, ebenso auch Verbindungen zwischen mehreren, nahe bei einander gelegenen, keimenden Conidien. Während für gewöhnlich im Anfange nur *ein* breiter Keimschlauch aus je einer Conidie hervorwächst, so haben sich hier zwischen drei Sporen außer den normalen Keimschläuchen noch dünne Seitenschläuche gebildet, durch welche der Inhalt dieser Sporen in Communication tritt (Taf. VI, Fig. 4).

Hat das Mycelium dieses Pilzes in feiner Nährlösung (Decoct von Pferdemiß) sich weiter ausgebreitet, so bilden die Hauptfäden desselben als fettliche, adventive Aeste viel feinere, verzweigte, häufig anastomosirende Fäden aus, welche auf festen Substraten wohl speciell die Function von Haustorien versehen (Fig. 6). An anderen Mycelfäden schwellen einzelne kurze Zellen, bald terminal, bald intercalär auf, und füllen sich mit dichterem Plasma und Oeltröpfchen; sie nehmen dabei häufig eine bräunliche Färbung an. Obgleich diese Bildungen an Sporen erinnern, so konnte doch eine Loslösung derselben vom Mycelium oder eine Keimung nicht wahrgenommen werden (Fig. 7).

Kurze, aufrechte Seitenäste bilden sich darauf zu einfachen Conidienträgern aus; ein solcher Seitenast theilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen, von denen die untere Basidie genannt werden könnte, die obere als Sterigma fungirt und an der Spitze Conidien abschnürt (Taf. VI, Fig. 8a). Aus der Basidien-Zelle, welche sich entweder durch eine Querwand von der Mutterzelle des Mycelfadens abgliedern oder auch mit dieser in ununterbrochenem Zusammenhange bleiben kann, wächst dann oben ein Seitenast hervor (Fig. 8b), welcher das terminale Sterigma zur Seite drängt und selbst zum Sterigma wird, so daß auf der Basidie nunmehr zwei anscheinend gleichwerthige, eine dichotomische Verzweigung nachahmende Sterigmen neben einander sitzen (Fig. 9a). Jedes dieser Sterigmen vermag successive mehrere Conidien abzugliedern, welche oft reihenweise an einander hängen bleiben. Die Sterigmazelle kann auch hier wieder in eine neue Basidie und ein neues Sterigma zerfallen, wobei die Verzweigung sich wiederholt (Fig. 9b).

Außer den einfachen Conidienträgern erscheinen dann am Mycelium auch die ersten Anlagen von Fruchtkörpern, von Coremien. Auch diese Anlagen zeigen sich zuerst als kleine, aufrechte Ausstülpungen von Mycelium-Zellen; sie sind leicht von jungen Conidienträgern zu unterscheiden, weil sie beträchtlich dicker sind, namentlich auch um ein Mehrfaches dicker, als die Myceliumzelle, welcher sie entspringen (Fig. 10a). Diese aufrechten Ausstülpungen verhalten sich als Scheitelzellen und theilen sich durch eine Querwand in eine basale Gliederzelle und eine neue Scheitelzelle. Schon auf dieser Entwicklungsstufe wachsen aus dem untersten Theile der Scheitelzelle dünne, rhizoidartige Hyphen hervor (Taf. VI, Fig. 10b). Indem nun die Scheitelzelle durch weitere Quertheilungen immer neue Gliederzellen erzeugt, baut dieselbe einen dicken, unten kurz-, oben länger gegliederten Zellenfaden auf, den wir den *Centralfaden* des Coremiums nennen wollen. Aus dem untersten Theile der *unteren* und kürzeren Zellen dieses Centralfadens brechen nun überall dünne Rhizoid-Hyphen hervor, welche nach *abwärts* wachsen, sich septiren, der Oberfläche des Centralfadens sich dicht anschmiegen, mit dieser und unter sich verwachsen, an der Basis des Centralfadens aber wurzelhaarähnlich sich ausbreiten. Indem der dicke Centralfaden nun durch die Thätigkeit seiner Scheitelzelle fortwächst, bilden die späteren Gliederzellen dünne oder ebenfalls beträchtlich verdickte Seitenäste aus ihrem *obersten* Theile, welche sich *aufwärts* wenden, um dem Centralfaden angeschmiegt mit diesem fortzuwachsen (Taf. VI, Fig. 11). So wird der Centralfaden bald von Hyphen eingehüllt, die in innigem Verbande mit ihm und unter einander fortwachsend, nunmehr den Bildungspunct eines typischen Coremiums, wie bei *Stysanus Stemonitis*, darstellen. Auch bei *St. capitatus* bilden sich abwärts wachsende Hyphen aus der Basis auftretender Seiten-Hyphen (Fig. 11x).

Nachdem auf diese Weise der Stiel des Coremiums sich gebildet, entwickelt sich das terminale Hymenium durch lebhafte Verzweigung sämmtlicher auftretender Hyphen, wobei die Centralhyphne, allmählig dünner geworden, sich nicht mehr gefondert unterscheiden läßt. Die

Verzweigung der Fäden und die Conidienbildung erfolgt in den Köpfchen der Coremien nach demselben Modus, wie er für die einfachen Conidienträger beschrieben wurde; die Basidien bilden in den Köpfchen ein festes, fast halbkugeliges Stroma.

Andere Fruchtformen sind nicht beobachtet.

V. Pistillaria pusilla nebst einigen allgemeinen Bemerkungen über die Basidiomyceten.

(Tafel VI, Fig. 12 bis 14.)

Auf abgestorbenen und verwesenden Stengeln von Kartoffeln ward eine kleine weißliche Pistillaria beobachtet, deren Diagnose am besten zu der *P. pusilla* von FRIES stimmt, und welche daher vorläufig mit diesem Namen bezeichnet werden mag.

Die kleinen, oberwärts pfriemlich sich zuspitzenden Fruchtkörper sind ungefähr 2 mm hoch und haften mit einem Flechtwerk rhizoidischer Hyphen auf ihrem Substrate (Taf. VI, Fig. 12). An älteren Individuen ist die ganze Oberfläche des Fruchtkörpers, von der Basis bis dicht unter die Spitze, mit dem Sporen tragenden Hymenium bekleidet; seltener findet sich das unterste Stück nackt, und als Stiel von dem oberen Theile gesondert. Bei jüngeren Individuen ist an der Basis des Fruchtkörpers das Hymenium ebenfalls bereits angelegt, während sich derselbe noch durch lebhaftes Spitzenwachsthum verlängert. Solche wachsende Spitzen von Fruchtkörpern dieser Pistillaria zeigen sich zusammengesetzt aus einem Bündel feiner, oft etwas gefchlängelter Hyphen, deren Anzahl nach dem Scheitel hin sich verringert (Taf. VI, Fig. 13). Oft ragt eine einzelne Hyphe, und zwar mitunter in beträchtlicher Länge, über die übrigen hervor, oft wird aber die eigentliche Spitze dieses Vegetationspunctes von einer ganzen Anzahl gleich langer Hyphen eingenommen. Das Längenwachsthum in solcher Fruchtkörper-Spitze kommt durch Quertheilung der Hyphenzellen, das Dickenwachsthum durch deren Ver-

zweigung zu Stande, wobei die Seitenäste dem ursprünglichen Hyphenbündel parallel und in inniger Verbindung mit demselben fortwachsen.

Eine Strecke weit unterhalb der wachsenden Spitze beginnt die Bildung des Hymeniums. Hier sieht man die Endglieder zahlreicher Seitenäste der oberflächlich gelegenen Hyphen in leichter Keimung sich nach und nach vertical gegen die Oberfläche des Fruchtkörpers richten und keulenförmig anschwellen; es sind dies die Basidien, deren Entwicklung am Fruchtkörper acropetal erfolgt (Fig. 13). Die einzelne Basidie trägt später zwei Sporen auf dünnen Sterigmen (Fig. 14).

Die Uebereinstimmung im Baue und im Wachsthum dieses Fruchtkörpers von *Pistillaria* mit demjenigen von *Stysanus* ist eine so evidente, daß wir den Modus des Wachsthums in beiden Gattungen beinahe identisch nennen dürfen. (Vgl. Taf. VI, Fig. 13 und Taf. V, Fig. 1 a und 12). Der Vegetationspunkt von *Pistillaria pusilla* zeigt aber auch genau das gleiche Aussehen, wie der Bildungspunkt des Conidientragenden *Coremium* von *Hypomyces Solani* (Taf. I, Fig. 7). Wir werden daher in Rücksicht auf diese Uebereinstimmung im morphologischen Verhalten auch den Fruchtkörper von *Pistillaria* ein *Coremium* nennen dürfen.

Es würde von Interesse sein, den ersten Aufbau eines *Pistillaria-Coremiums* entwicklungsgeschichtlich verfolgen zu können; dies gelang aber nicht, weil es nicht möglich war, die an dem überhaupt nicht reichlich beobachteten Materiale vorhandenen Sporen zur Keimung zu bringen. Dennoch sind für die erste Anlage der *Pistillaria*-Fruchtkörper wohl nur folgende Möglichkeiten vorhanden. Entweder das *Coremium* entsteht durch Vereinigung verschiedener, ursprünglich getrennter Myceliumfäden, wie bei vielen ächten Schimmelpilzen, *Penicillium*, *Hypomyces*, *Nectria*; diese Möglichkeit darf wohl als unwahrscheinlich von vorne herein ausgeschlossen werden. Oder die *Pistillaria* entwickelt sich aus dem Gliede eines Mycelium-Fadens als aus einer Mutterzelle. In diesem letzteren Falle entsteht der Fruchtkörper entweder wie andere ächte Basidiomyceten, z. B. *Coprinus*, aus einem kleinen *Büschel* von Mycelium-Aesten, oder wie bei *Stysanus* durch

Verzweigung eines einzigen Mycelium-Astes nach aufwärts und abwärts. Für die letzten beiden Möglichkeiten wollen wir a priori die gleiche Wahrscheinlichkeit zugestehen, und mag nun der eine oder der andere Modus wirklich bestehen, so ist das ohne jeden Einfluss auf die nachfolgende Betrachtung.

Auf alle Fälle besteht ein hoher Grad von Uebereinstimmung in der Structur und in der Fortentwicklung des Coremiums zwischen Pistillaria und Stysanus. Das einzige wesentliche, trennende Moment ist die Bildungsweise der Sporen. Bei Stysanus werden von den Sterigmen succedan mehrere Sporen abgegliedert; bei Pistillaria immer nur eine. Bei Stysanus sind die als Basidie und Sterigma bezeichneten Zellen fortentwicklungsfähig. Eine Basidie vermag zu einer gewöhnlichen Gliederzelle zu werden, ein Sterigma durch Quertheilung in der Mitte in eine Basidie und ein neues Sterigma zu zerfallen. Bei Pistillaria dagegen ist das Sterigma wie die Basidie wachstums- und theilungsunfähig, die Sterigmen sind fogar nur Fortsätze der Basidienzelle. In dieser wesentlichen Differenz ist zugleich der ganze Unterschied zwischen der Ordnung der Basidiomyceten und der Gattung Stysanus begründet.

Allein in der Sporenbildung soll auch die bestehende Aehnlichkeit zwischen beiden Typen nicht verkannt werden; man vergleiche zu dem Ende die Figuren 9a und 14 der Tafel VI. In Fig. 9a besteht der Conidienträger aus einer Basalzelle, einer Basidie und zwei dieser aufsitzenden, Sporen ab schnürenden Sterigmen. Denken wir uns diese Sterigmen in ihrer Fruchtbarkeit begrenzt, und selbst nicht weiter wachstumsfähig, so haben wir die gleiche Bildung, wie in Fig. 14. Die vorhandenen Unterschiede sind aber nur biologischer, kaum morphologischer Art. Denn morphologisch kann z. B. eine Cambiformzelle einer Cambiumzelle gleichwerthig sein, obgleich die letztere fortentwicklungsfähig ist, die erstere nicht. Daß ferner in Fig. 14 die Sterigmen durch eine Zellwand von ihrer Basidie getrennt sind, ist kein in Betracht kommendes Moment, weil bei der Basidiomyceten-Abtheilung der Tremellineen auch gegliederte Sterigmen

vorkommen können. Der Umstand endlich, daß bei *Stysanus* außer der *Coremium*-Frucht auch ifolirte Conidienträger auftreten, während bei *Pistillaria* dergleichen bislang nicht beobachtet worden sind, fällt aus dem Grunde nicht ins Gewicht, weil in der Literatur*) eine Anzahl von Beobachtungen berichtet werden, wonach fogar bei *Agaricus*-Arten fowohl am Mycelium als aus dem Stiele der Fruchtkörper Conidienträger zu entspringen vermögen.

Die Conidienträger und Coremien von *Stysanus* stimmen in allen wesentlichen Stücken überein mit den Conidienträgern unzweifelhafter Ascomyceten und weiterhin vieler Hyphomyceten, die wir vorläufig den Ascomyceten zuzählen, deren Schlauchfrüchte wir aber noch nicht kennen. Unter diesen letzterwähnten Hyphomyceten giebt es fogar manche, deren Sporenbildung derjenigen der ächten Basidiomyceten viel ähnlicher ist als die von *Stysanus*. Als Beispiele mögen nur erwähnt sein *Acmosporium botryoides* (CORDA Icones Heft III, Taf. II, Fig. 32) und *Botrytis acinorum* (FRESENIUS, Beiträge Taf. II, Fig. 17 bis 20),

Die Sporenbildung der Basidiomyceten entspricht, wie schon mehrfach in der Mycologie hervorgehoben, der Conidienbildung bei den Ascomyceten. Wir können daher *morphologisch* die Fruchtkörper nicht nur von *Pistillaria*, sondern aller Basidiomyceten als Conidien erzeugende Coremien auffassen, welche den Coremien von Ascomyceten im Wesentlichen gleichwerthig sind, sich von diesen nur unterscheiden durch die Constanz ihres Fruchtkörpers, daß sie nicht bei jeder Gelegenheit in einzelne conidientragenden Hyphen sich auflösen, und durch die Constanz in der Bildung der Basidie und der Sterigmen. Diese beiden Momente bedingen die Stellung der Basidiomyceten als selbständiger Typus. Dazu kommt als drittes das allerdings nur negative Moment, daß für Basidiomyceten bisher keine Ascus-Früchte beobachtet sind**).

*) Vgl. DE BARY, Morphol. und Phys. der Pilze etc. S. 190.

**) Für die gegentheiligen Angaben von SAUTERMEISTER (Bot. Zeit. 1876 Nr. 52) über *Exidia* werden wir doch die Bestätigung noch abzuwarten haben.

Es entsteht nun die Frage, ob dieser morphologischen Connivenz ein systematischer Zusammenhang, Beziehungen der natürlichen Verwandtschaft entsprechen.

Was den Anschluß der Basidiomyceten an die übrigen Pilze anlangt, so würde es zu weit führen, hier die verschiedenen in der Mycologie zu Tage getretenen Anschauungen ausführlich zu discutiren; wir wollen uns deswegen auf ein paar kurze Bemerkungen beschränken über die von dem neuesten Monographen der Basidiomyceten, über die von BREFELD hinsichtlich dieses Punktes ausgesprochene Ansicht.

Mit BREFELD begegnen wir uns in der Anschauung*), daß wir morphologisch die Fruchtkörper der Basidiomyceten als «höher differenzierte Conidienfrüchte» zu deuten haben.

Dagegen wird den Basidien der Basidiomyceten von BREFELD'S Seite eine wesentlich andere Deutung zu Theil, als von der übrigen. «Die typische Basidie ist eine secundäre Bildung, die allmählig aus einfachen *Conidienformen* hervorgegangen ist**). BREFELD vergleicht nicht, wie wir, die Basidien den oberen Gliedern einfacher Conidienträger, sondern er vergleicht sie mit Conidien selbst, mit Sporen einer anderen Pilzordnung, und zwar mit den Teleutosporen der Rostpilze; die Sterigmen sollen den aus diesen Teleutosporen hervorgehenden Promycelium-Fäden, die Basidiosporen den von diesen letzteren abgeschnürten Sporidien homolog sein.

Hierbei sollen die Tremellineen als Bindeglied zwischen den typischen Basidiomyceten und den Rostpilzen dienen.

Aber nicht alle Basidiomyceten lassen sich nach BREFELD auf diese Weise phylogenetisch aus den Rostpilzen herleiten; die Gasteromyceten sollen ihre Stammältern in gewissen Pycniden von Ascomyceten besitzen. Danach würden die Basidiomyceten in zwei große Reihen von ganz verschiedener Herkunft zerfallen.

Es ist unfruchtbar, derartigen systematischen Vorstellungen, ins-

*) Basidiomyceten S. 195.

**) a. a. O. S. 186.

besondere, wenn sie sich in das Gewand phylogenetischer Herleitung kleiden, mit Gegengründen begegnen zu wollen. Diese Speculationen gehören eben einem Gebiete an, wo *Beweise* dafür oder dawider nicht aufzubringen sind, sie fallen in das Gebiet der subjectiven Anschauungen, und einen Erfolg kann der Autor folcher Hypothesen nur verzeichnen, wenn er die Mehrheit der Berufsgenossen auf seiner Seite hat.

Wir wollen uns deswegen darauf beschränken, nochmals hinzuweisen auf die morphologische Uebereinstimmung zwischen dem Coremium von Stysanus und dem Coremium von Pistillaria; das Verhältniß der Basidien und Sterigmen beider Pilz-Typen zu einander ist ebenfalls bereits oben erläutert worden.

Es scheint uns hiernach das natürlichste, unter Wahrung der Basidiomyceten als *einheitlicher* Pilzgruppe, dieselben zunächst an den durch Stysanus repräsentirten Typus anzureihen; der letztere schließt sich ganz direct an die Conidienträger der Ascomyceten. Bei dieser Combination ist es völlig gleichgültig, ob etwa Stysanus noch Ascusfrüchte besitzt, welche bisher der Beobachtung entgangen sind, oder nicht. *Sicheres* wissen wir darüber in Bezug auf Pistillaria, Agaricus u. s. w. ebenso wenig, wie in Bezug auf Stysanus; auch bei den typischen Basidiomyceten könnte immerhin noch Ascus-Fructification einmal entdeckt werden. Aber auch wenn man concediren will, daß die Basidiomyceten durchaus keine Ascusfrüchte besitzen, dieselben etwa verloren haben, würde das an der proponirten Reihe nichts ändern: Ascomyceten — Stysanus — Basidiomyceten. Die Tremellineen mögen dann als ein beliebig divergirender Ast in das Schema des natürlichen Systems der Basidiomyceten gezeichnet werden.

VI. *Verticillium cinnabarinum*.

Dieser Pilz ist nächst Nectria und Hypomyces Solani der auf faulenden Kartoffeln am häufigsten auftretende Schimmel. Derselbe erhielt von CORDA den Namen *Acrostalagmus cinnabarinus**).

*) Icon fung. II. S. 15.

glaubte auf Grund einer irrthümlichen Beobachtung über den Modus der Conidienbildung an der Spitze der Sterigmen diese Form von der Gattung *Verticillium* Nees v. Esenb. trennen zu müssen, wie wir sehen werden mit Unrecht, so daß vorläufig kein Grund vorliegt, den Namen *Acrostalagmus* aufrecht zu erhalten.

Verticillium cinnabarinum bildet ausgedehnte Rasen von ziegelrother Farbe auf trockenfaulen, feltener auf naßfaulen Kartoffeln, sein Vorkommen beschränkt sich jedoch nicht auf letztere allein, auf zahlreichen anderen faulenden Stoffen ist *V. cinnabarinum* eine nicht ungewöhnliche Erscheinung. Unter dem Mikroskop zeigt der Pilz äußerst zierlich aufgebaute Conidenträger, an einem aufrechten Hauptstrahle stehen in gleichen Abständen Wirtel von Seitenzweigen, welche in derselben Weise wieder Zweigwirtel erzeugen. Die freien Spitzen aller Zweige bilden zahlreiche elliptische Conidien durch einfache Ab schnürung in gleicher Weise, wie es für *Hypomyces* und *Nectria Solani* eingehender geschildert ist.

Die elliptischen, schwach röthlich gefärbten Conidien keimen leicht in Pferdemist- und Pflaumendecoct, in Wasser findet dagegen nur ganz abortive Keimung statt, wie sie von HOFFMANN (Bot. Zeit. 1854; 15, 16) beschrieben wurde. Dabei entstehen ganz kurze dünne Keimschläuche, die sehr bald aufhören zu wachsen. In den angeführten Decocten schwillt die Conidie bei der Keimung zunächst stark an (Taf. VII, Fig. 3 b), dann entsteht an einer beliebigen Stelle ein Keimschlauch, der sich zu einem langen, septirten und verzweigten Mycelfaden verlängert. Zuerst wächst aus der Conidie nur ein Keimschlauch hervor, später treten auch mehrere auf. In dem Mycel werden die Querwände erst ziemlich weit unterhalb der Spitze deutlich sichtbar, die Verzweigung ist acropetal, die Aeste entstehen sowohl aus dem oberen als auch aus dem mittleren Theile einer Gliederzelle. Die älteren Mycelfäden verdicken sich ein wenig, wobei meist der vordere Zelltheil leicht tonnenförmig aufschwillt.

Schon am dritten oder vierten Tage entstanden an den Keim-

pflanzen die Anlagen junger Conidienträger, als feitliche Ausstülpungen aus den älteren Gliederzellen der Mycelfäden. Sie besitzen von Anfang an einen größeren Durchmesser als die gewöhnlichen Mycelfäden, wachsen rasch in die Länge und erheben sich senkrecht aus dem Substrat in die umgebende Luft (Taf. VII, Fig. 5). Bald trennen sie sich durch eine Querwand von der Gliederzelle, der obere Theil spitzt sich zu und erzeugt rasch nach einander als Sterigma zahlreiche Conidien. Von einer besonderen complicirten Structur der Sterigma Spitze, wie es von CORDA angegeben wird, ist dabei nichts zu bemerken, HOFFMANN hat dies schon in seiner vorhin erwähnten Arbeit widerlegt und auch die Ansammlung der Conidien in Kugelform an dem Sterigma richtig gedeutet. Die abfallenden Conidien werden einfach durch einen klebrigen Stoff zusammengehalten, und sobald der Conidienträger in einen feuchten Raum hineinragt, sammelt sich an der Spitze eines jeden Sterigma ein kleiner Flüssigkeitstopfen, in welchem die Conidien schwimmen. Sobald dieser Tropfen mit einer größeren Wassermenge in Berührung tritt, fahren die Conidien nach allen Richtungen auseinander, dagegen fallen sie auch bei heftiger Bewegung in trockener Luft nicht von ihren Spitzen ab.

Der junge Conidienträger zerfällt bald durch eine Querwand in zwei Zellen, die obere fungirt als neues Sterigma und dient weiter auch zur Verlängerung des Conidienträgers, die untere erzeugt als Gliederzelle aus ihrem oberen Theil successive zahlreiche Wirtel-Aeste, welche sich sogleich in Sterigmen umwandeln und sich in derselben Weise wie der Hauptstrahl weiter entwickeln. Die älteren Theile größerer Conidienträger nehmen später auch eine röthliche Farbe an, wobei sich ihre Membran ein wenig verdickt. Dem Principe nach ist der morphologische Aufbau der Conidienstände von *Verticillium* identisch mit dem von *Nectria Solani*; die Verzweigung ist centrifugal, aber die Hauptaxe unbegrenzt fortentwicklungsfähig. Der von *Nectria* abweichende Habitus, welcher einem Racemus sehr ähnlich wird, kommt dadurch zu Stande, daß die Hauptaxe viel stärker in die Länge wächst, als die Seitenachsen.

Auf faulen Knollen wurden auch von *V. cinnabarinum* häufig Rhizomorpha- und Coremium-artige Bildungen beobachtet. Die Rhizomorphen bestehen aus mehr oder weniger dicht zusammengedrängten und verwachsenen Mycelfäden, welche auf der Oberfläche des Substrates kriechen und aus welchen Conidienträger emporwachsen. Die Coremien bilden sich ebenfalls aus parallel verlaufenden Fäden, sie stehen aufrecht, und aus ihrer freien Oberfläche entspringen äußerst zahlreiche Conidienträger, welche aber meist unverzweigt sind und einfachen Sterigmen ähnlich sehen.

Das Mycelium von *V. cinnabarinum* durchdringt faule Kartoffelknollen nach allen Richtungen, die Zellwände werden durchbohrt, ebenso, wie es scheint, die Stärkekörner, denn in einer nur mit *V. cinnab.* bedeckten trockenfaulen Knolle waren die Stärkekörner von zahlreichen Poren durchsetzt. In Objectträger-Culturen wurde die Stärke von dem Mycelium nicht direkt angegriffen. Andere Fructifications-Formen zeigte uns der vorliegende Pilz trotz lange fortgesetzter Cultur unter den verschiedensten Bedingungen nicht. Daß er in den Entwicklungskreis von *Trichothecium roseum* gehöre, wie HOFFMANN (a. a. O.) angibt, scheint uns wenig wahrscheinlich und wurde auch schon von DE BARY (Morph. u. Phys. d. Pilze S. 169) angezweifelt. Dagegen ist es nicht unmöglich, daß HOFFMANN wirklich das Entstehen von Conidienträgern des *V. cinnabarinum* aus einer Schlauchspore, beobachtet hat, denn der unbekannte Pyrenomycet, zu welchem *V. cinnabarinum* als Conidienform gehören dürfte, ist muthmaßlich nahe verwandt mit den Gattungen *Nectria* und *Hypomyces*, sodaß seine Ascussporen ungefähr die von HOFFMANN abgebildete Form haben können. Für einen Zusammenhang zwischen *V. cinnabarinum* und *Nectria Solani* wurden ebenfalls keinerlei Andeutungen gefunden.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Kräuselkrankheit der Kartoffel.

(Hierzu Tafel VIII und IX.)

Unter den mannichfachen Krankheiten, denen die Kartoffel ausgesetzt ist, zeichnet sich die *Kräuselkrankheit* aus durch Eigenartigkeit der Symptome und des Verlaufes. Diese Krankheit trat im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts in *England*, *Frankreich* und *Deutschland* verheerend auf, später erschien sie nur hier und da sporadisch, bis in den letzten Jahrzehnten sich die Aufmerksamkeit der Landwirthe wieder mehr auf dieselbe lenkte, weil gewisse Kartoffelracen, besonders die neu aus *Amerika* eingeführten, sich derselben stärker zugänglich zeigten. In Folge dessen finden wir auch in der Literatur der letzten Jahre eine Anzahl Versuche, die Ursachen der Kräuselkrankheit zu ermitteln, um dadurch eventuell Mafsregeln zu ihrer Verhütung in Aussicht stellen zu können.

Die erste ausführlichere Beschreibung der Kräuselkrankheit wurde von I. KUHN in seinen «Krankheiten der Kulturgewächse», S. 220ff veröffentlicht. Die erkrankten Pflanzen machen sich nach demselben schon von weitem durch ein eigenthümliches, kümmerliches Aussehen bemerklich, sie haben nicht die freudig grüne Färbung der gefunden Stauden, die einzelnen Fiederblättchen sind wellig gebogen und gefaltet, der gemeinschaftliche Blattstiel ist zurückgekrümmt. Dann zeigt sich an den Blättchen und vorzüglich am gemeinschaftlichen Blattstiel eine Verfärbung und dunkle Flecken, zuerst oberflächlich, nach und nach

aber immer tiefer in das Gewebe eindringend, bis endlich die Blätter sammt dem sie tragenden Stengel vertrocknen. Ein Mycelium wurde von KÜHN an keinem Theile der Pflanze, welcher die Krankheit zeigte, gefunden, dagegen befaßen die Stengel eine auffallende Sprödigkeit und brachen beim Biegen wie Glas. Den Grund der Krankheit glaubt KÜHN in der ungewöhnlichen Vollfästigkeit der Pflanzen erblicken zu müßen.

Die Ansicht von SCHACHT*), wonach die Kräufelkrankheit mit dem Honigthau verwandt sein soll, wurde bereits durch KÜHN hinreichend widerlegt (a. a. O.), sie braucht deshalb hier nicht weiter berücksichtigt zu werden.

Von späteren Forschern konnten auch DRECHSLER**) und OEHMICHEN***) keinen Pilz im Stengel entdecken, dagegen machte letzterer die wichtige Wahrnehmung, daß krankes Saatgut wieder kranke Pflanzen erzeugt. Im Gegensatz dazu fand HALLIER****) in den von ihm als kräufelkrank bezeichneten Stauden das Mycelium eines Pilzes.

Auch A. SCHENK†*) sah in den kräufelkranken Pflanzen keinen Pilz und schließt sich der Darlegung KÜHN's über die Symptome und Ursache der Krankheit an. Dagegen unterscheidet er von der eigentlichen Kräufelkrankheit einen anderen pathologischen Zustand der Kartoffelpflanze, bei welchem ein Pilz auftritt, dessen Mycelium sich vielfach in den Gefäßbündeln und im Parenchym des Stengels und der Blattstiele verbreitet. Derselbe ist nach ihm identisch mit *Sporidesmium exitiosum* KÜHN. Bei dieser Krankheitsform fehlt die glasige Beschaffenheit des Stengels und soll sie sich dadurch leicht von der Kräufelkrankheit unterscheiden lassen.

Nach den neuesten Angaben von HALLIER††) erstreckt sich die Krankheit über zwei Generationen††) der Kartoffelpflanze. Bei

*) H. SCHACHT, Bericht über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten; S. 15.

**) Deutsche landw. Presse 1875. 2. S. 476.

***) Ebendasselbst S. 457, 458; 464.

†*) Ebendasselbst S. 666.

††) D. landw. Presse 1876. 3. S. 79, 86, 87, u. Pflastiden d. nied. Pflanzen S. 7.

der ersten Generation tritt ein Pilz auf in den Gefäßen der Stengel, und zwar soll das Mycel zu *Pleospora polytricha* Tul gehören. Durch die Gefäße der Brutträger dringt der Pilz auch in die kleinbleibenden Knollen ein und überwintert daselbst. Werden diese Knollen ausgefetzt, so treiben sie glasartig zerbrechliche Schößlinge, in welche aber das Mycel nicht eindringt. Ehe es zum Knollenanfaß kommt, gehen solche Pflanzen zu Grunde.

Wie man sieht, widersprechen sich die Angaben der bisherigen Autoren in einzelnen Punkten vollkommen. Wollte man z. B. auch annehmen, daß die von SCHENK als verschieden bezeichnete Krankheitsform mit der ersten Generation der Kräufelkrankheit nach HALLIER zusammenfällt, so bleibt immer noch der Widerspruch der beiden Beobachter über den die Krankheit verursachenden Pilz bestehen.

Wie dem nun auch sein mag, jedenfalls fehlt bei beiden Autoren der Nachweis, daß die von ihnen gefundenen Pilze wirklich die Krankheit zu erzeugen im Stande sind und nicht etwa sekundär nur in Begleitung derselben auftreten. Von beiden Forschern sind Impfungsversuche zur Uebertragung der Krankheit nicht ausgeführt worden.

Der derzeitige Stand der Frage mußte also eine erneute Untersuchung dieses Gegenstandes wünschenswerth erscheinen lassen, und da die Kräufelkrankheit auf den Versuchsfeldern des hiesigen landwirthschaftlichen Instituts und anderen benachbarten Kartoffeläckern seit mehreren Jahren unter gewissen Kartoffelforten ziemlich verbreitet auftrat und ferner ausführlichere Untersuchungen über die Krankheits- und Fäulnisercheinungen der Kartoffelknollen im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut beabsichtigt waren, so wurde auch die Kräufelkrankheit mit in den Bereich der Untersuchung gezogen. Das bezügliche Material, soweit es nicht im Institute selbst cultivirt wurde, verdanken wir der Güte des Herrn Prof. DRECHSLER und Herrn Gartenmeister GIESELER hiersebst.

Die eigenen Untersuchungen führten zunächst zu einer im Allgemeinen der Darlegung HALLIER'S zustimmenden Auffassung der

Krankheit. Die wichtigsten Thatfachen, welche festgestellt werden konnten, lassen sich kurz dahin zusammenfassen:

Erstens: Die von kräufelkranken Stauden erzeugten Knollen liefern bei der Ausfaat wieder kranke Pflanzen; die Krankheit ist also erblich.

Zweitens: Die aus kranken Knollen hervorgesproßte zweite kräufelkranke Generation besitzt nicht die Fähigkeit, wieder Knollen zu bilden, die kranke Generation stirbt also damit aus, die Kräufelkrankheit ist für diese Reihe von Generationen als erloschen zu betrachten.

Drittens: Die Krankheit muß demnach in gefunden Knollen bez. Pflanzen von neuem entstehen.

Viertens: Ein im Innern der Gewebe vegetirendes Pilzmycelium ist der constante Begleiter aller drei zu unterscheidenden Typen der Krankheit.

Fünftens: Durch Impfung gesunder Stauden mit diesem Pilze können die Symptome der Kräufelkrankheit hervorgerufen werden.

Mit HALLIER unterscheiden wir also zwei verschiedene Generationen der Kräufelkrankheit, dagegen müssen wir im Gegensatz zu ihm nicht zwei, sondern drei verschiedene Krankheitsformen statuiren. Von diesen tritt die dritte isolirt auf, sie bezeichnet den Höhepunkt der Krankheit und endigt mit dem Aussterben der Generation. Die beiden anderen Formen sind für sich ebenfalls scharf characterisirt, sie können jedoch vereinigt an derselben Staude, ja sogar an demselben Stengel sich zeigen und dadurch zu Complicationen Anlaß geben, welche zur Erschwerung des Verständnisses beitragen. Beide Formen zusammen repräsentiren die erste Generation der Krankheit, die erzeugten Brutknollen zeigen beim Austreiben die dritte Krankheitsform. Wir wollen diese drei Formen in Folgendem kurz mit A, B und C bezeichnen.

Da uns wie erwähnt in den Formen A und B die Krankheit zuerst entgegentritt, so wählen wir sie zum Ausgangspunkte unserer Betrachtung.

Die Form A fand sich im Sommer 1878 ziemlich häufig auf

einem Acker, der mit der Kartoffelrace «Rothe Amerikaner» bestellt war. Gegen Anfang Juli, wo die ersten erkrankten Stauden sich zeigten, waren dieselben daran kenntlich, daß an einzelnen der im übrigen vollkommen normal und üppig entwickelten Stengel die unteren Blätter welk geworden und vertrocknet waren, sie nahmen dabei gewöhnlich zuerst eine gelbe Färbung an. Kräufelung der Fiederblättchen trat entweder nur in geringem Maße oder gar nicht auf. Auch zeigten sich braune Flecken auf den Blättern durchaus nicht constant und meist nur spärlich. Es wurden zahlreiche Stengel gefunden, deren Blätter welk und gelb geworden waren, ohne daß ein einziger brauner Fleck aufgetreten wäre. Niemals zeigte der Stengel, felten die Blattstiele bei dieser Form eine auffallende Brüchigkeit, nur die ganz abgestorbenen Stengel brachen beim Biegen gewöhnlich an den Knoten. Die einzelnen Stengel einer erkrankten Staude welken gewöhnlich nicht zu gleicher Zeit, sondern nach einander, man trifft daher an derselben Staude neben ganz welken noch durchaus gesund erscheinende Stengel. Aber auch diese werden allmählich ergriffen, und nach der ersten Hälfte des August wurde an den kranken Stauden kein lebender Stengel mehr beobachtet.

Durchschneidet man einen Stengel, wenn die Blätter eben anfangen zu welken, so erkennt man schon mit bloßen Augen eine schwache gelbliche Färbung der Gefäßgruppen. Untersucht man dünne Schnitte mikroskopisch, so findet man alle Gefäße mit einem farblosen, stark verzweigten Pilzmycel erfüllt (vgl. Taf. VIII, Fig. 3). Dasselbe ist septirt, besitzt einen mehr oder weniger körnigen Inhalt und eine wechselnde Dicke im Mittel von ca. 3—4 Mik. Auf Längsschnitten erkennt man, daß die Mycelfäden die Gefäße vorwiegend in der Längsrichtung durchziehen, man findet sie ebenso in den Spiral- wie in den Tüpfelgefäßen, vorwiegend jedoch in den letzteren. In der Regel zeigt sich das Mycel an stark erkrankten Stengeln in allen Gefäßbündeln des Querschnitts und in allen Internodien, es läßt sich leicht von der Basis bis zur Spitze des Stengels kontinuierlich verfolgen und häufig auch bis zur Spitze des gemeinschaftlichen Blatt-

stiels. Auch von den scheinbar noch gefunden Stengeln einer erkrankten Staude findet man in der Regel den einen oder den anderen schon bis zur Spitze mit Mycel erfüllt, in anderen läßt sich dasselbe nur in dem unteren Theile nachweisen und es ist hier leicht, die fortwachsenden Spitzen der Mycelfäden aufzufinden; das Mycelium durchwächst also den Stengel von unten nach oben. Wieder andere noch gesund erscheinende Stengel sind vorläufig noch Mycel-frei.

Die Thatfache, daß einzelne Stengel noch vollkommen gesund erscheinen, während sie schon ihrer ganzen Länge nach von dem Pilzmycel durchsetzt sind, deutet mit Sicherheit darauf hin, daß der Pilz als echter Parasit ihr Inneres bewohnt.

Solange die Stengel noch grün sind und ihre Gewebe noch nicht abgestorben, findet man das Mycel nur in den Gefäßen und sehr spärlich hin und wieder auch in den zunächst liegenden Zellen des Gefäßbündels, niemals jedoch in dem dieselben verbindenden Holzringe oder in den übrigen Gewebepartien. Epidermis, Cambium und Mark erscheinen noch vollkommen gesund. Mit dem Absterben des Stengels verbreitet sich das Mycel jedoch durch alle Gewebe, indem es die Zellwände mit Leichtigkeit durchbohrt, wobei sich die Fäden etwas contrahiren. Vorwiegend wächst es jedoch nach der Oberfläche zu, die Holzzellen, das Cambium, Baft und Rinde, sogar die Haare der Epidermis durchdringend und erfüllend. Auch die dicken Wände der Baftfasern werden durchbohrt (vgl. Taf. VIII, Fig. 5) und das Lumen vom Mycel durchwachsen.

Liegt der Stengel in einer feuchten Atmosphäre, so treten die Mycelfäden auch durch die Epidermis hervor, und die ganze Stengeloberfläche bedeckt sich in kurzer Zeit mit einem weissen Anflug von Conidienträgern des Pilzes. Diese von uns beobachteten Conidienträger gehören unzweifelhaft zu dem in den Gefäßen vegetirenden Mycel, denn abgesehen davon, daß man in den Gefäßen selbst mitunter Conidienbildung beobachtet (vgl. Taf. VIII, Fig. 3 bei a), sieht man an feucht hingelegten Stengelstücken Mycelfäden und Conidienträger schon am dritten Tage aus den Gefäßen hervorwachsen. Einige

Tage später erscheinen sie dann auch auf der Oberfläche des Stengels. Hält man die Cultur gegen eindringende fremde Pilzsporen geschützt, so ist es leicht, sie wochenlang rein zu behalten, abgesehen von den im faulen Gewebe auftretenden Bacterien. Auch zahlreiche Objectträgerculturen zeigten direkt den Zusammenhang der von uns beschriebenen Conidienträger mit dem Mycelium der kräuselkranken Stengel.

Die Conidienträger entspringen seitlich oder auch terminal aus den Myceliumfäden, sie sind etwas dicker als diese und gliedern sich von ihnen bald durch eine Querwand ab. Sie sind vollkommen farblos, wenigstens in der Jugend, sie gleichen durchaus denen von *Verticillium cinnabarinum* (*Acrostalagmus cinn.* Cd.) und zeigen auch ganz dieselbe Wachstumsweise (vgl. Taf. VIII, Fig. 6, 7, 8). Die Spitze des zuerst einfachen Fadens bildet sich bald in ein Sterigma um und beginnt nach einander zahlreiche Conidien abzufschnüren. Zugleich verlängert sie sich, erzeugt nach einander mehrere Gliederzellen, von denen Seitenzweige entwickelt werden. Jede Gliederzelle bildet an ihrem oberen Ende 4—5 solcher Zweige aus, die wirtelförmig angeordnet sind und dieselbe Entwicklungsfähigkeit wie der Hauptstamm besitzen; nur ist die Intensität ihres Wachstums etwas geringer, so daß sie von letzterem übergipfelt werden. Die Zahl der Wirtel an dem Hauptstamm kann bis auf acht steigen. Treten die Conidienträger durch die Wand einer Zelle hervor, so zeigen sie außerhalb derselben gewöhnlich eine leichte Anschwellung, welche meist durch eine Querwand von dem übrigen Fadentheile abgegrenzt ist (vgl. Taf. VIII, Fig. 7). Aus diesen Anschwellungen können sogleich Verzweigungen der Conidienträger entstehen.

Die Conidien, welche sich an den Sterigmen in Form kleiner Kugeln anammeln und bei der Benetzung mit Wasser sogleich auseinanderfließen, sind von elliptischer Gestalt und sehr verschiedener Größe. Ihre Länge schwankt zwischen 5—12 Mik., ihre Breite ist ca. 3 Mik. (vgl. Taf. IX, Fig. 5). Die Enden sind besonders bei den längeren Formen zuweilen etwas unsymmetrisch zugespitzt. Das

Protoplasma ist gewöhnlich feinkörnig. Während alle Conidien bei der Reife einzellig sind, so treten nach dem Abfallen besonders in den längeren Formen ziemlich regelmässig Querwände auf, wodurch sie in zwei gleiche Zellen zerfallen. Die kürzeren bleiben dagegen ungetheilt.

In Wasser ausgefäet schwellen die Conidien stark an (vgl. Taf. IX Fig. 9, 10), die zweizelligen erhalten dadurch eine biscuitförmige Gestalt, dann entstehen aus jeder ein oder mehrere Keimschläuche. Bei der Ausfaat in Wasser bleiben diese jedoch dünn und hören bald auf zu wachsen, fäet man dagegen die Conidien aus in Wasser neben Kartoffelschnitten oder fauler Kartoffelmasse (die vorher zur Abtödtung fremder Beimengungen längere Zeit auf 100 Grad erwärmt wurde), so erfolgt nach der Keimung ein üppiges Wachsthum der Keimfäden. Sie verschmelzen durch zahlreiche Anaestomosen mit einander und erzeugen früher oder später wieder Conidienträger. Gar nicht selten wandelt sich schon der unmittelbar aus der Conidie hervortretende Keimschlauch zu einem Sterigma um und erzeugt zahlreiche Conidien (Fig. 10). Solche Sterigmen wachsen jedoch nie zu stattlichen Conidienträgern aus, sie bleiben immer zwergig. Auch an älteren Mycelfäden sind sie nicht selten (vgl. Taf. IX, Fig. 11), an solchen wurde Abchnürung von Conidien an sehr kurzen Seitenästchen häufig beobachtet.

Nachdem die Produktion der Conidien auf der Oberfläche des Stengels eine Zeitlang fortgedauert hat, nimmt das faule Gewebe ziemlich rasch eine intensiv schwarze oder dunkelbraune Färbung an. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass dieselbe von den sich schwärzenden Mycelfäden des Pilzes herrührt. In denselben treten dabei zahlreiche Querwände auf, worauf die kurzen Zellen stark in die Dicke wachsen und eine kugelförmige Gestalt annehmen, so dass die Fäden torulös erscheinen (vgl. Taf. IX, Fig. 1). Lagern sich mehrere solche Fäden aneinander, so entstehen in dem faulenden Gewebe schwarze Zellhaufen von verschiedener Grösse und unregelmässiger Gestalt. Das Auftreten von Längswänden wurde hierbei nie beob-

achtet; die braunen Zellhaufen bilden sich also nur durch das Aneinanderlegen benachbarter Zellfäden. Bei der Bräunung verdickt sich die Wand der Zellen merklich, es lassen sich nachher deutlich doppelte Contouren unterscheiden; der Inhalt wird durch die Bräunung größtentheils verdeckt, meist machen sich jedoch später in ihm ein oder mehrere Oeltropfen bemerklich. Die Bräunung erstreckt sich über das ganze im faulenden Stengel befindliche Mycelgeflecht, sogar die unteren Zellen der Conideinträger schwärzen sich später zumeist, und können in ihnen ebenfalls intercalare Theilungen auftreten (vgl. Taf. VIII, Fig. 8). Alle diese gebräunten Zellen und Zellhaufen fungiren, wie leicht zu zeigen ist, als Dauermycelien zur Ueberwinterung des Pilzes. Man kann diese Dauermycelien Sclerotien nennen, wenn auch ihre Zellen keinen größern Gewebekörper bilden, wie es bei den gewöhnlich als Sclerotien bezeichneten Bildungen der Fall ist.

Bringt man diese Sclerotien oder Dauermycelien, nachdem sie Monate lang ausgetrocknet waren, bei Zimmertemperatur in Wasser oder in eine feuchte Atmosphäre, so treten aus ihnen farblose Mycelfäden hervor (vgl. Taf. IX, Fig. 2, 3), aus denen weiterhin bei genügender Zufuhr von Nährstoffen Conidienträger entstehen. —

Die Bildung von Conidien auf der Oberfläche der durch das parasitische Mycel abgetödteten Stengel kann aber auch nur sehr spärlich eintreten, oder sogar ganz unterbleiben, wenn die Stengel in einer trockenen Atmosphäre verdorren. In diesem Falle tritt unmittelbar die Dunkelfärbung der Mycelfäden ein, und die Conidienbildung wird auf einen günstigeren Zeitpunkt verschoben. Denn bringt man solche Stengel später in einen feuchten Raum, so bedecken sie sich bald mit einem weißen Anflug von Conidienträgern.

Andere Fruchtformen außer den Conidien und den Dauermycelien konnten von dem vorliegenden Pilze nicht aufgefunden werden. Nach dem Bekannten müssen wir ihn vorläufig unter die Gattung *Verticillium* Nees v. Esenb. bringen, zu welcher auch *Acrostalagmus cinnabarinus* Cd. gezogen wurde. Als Spezieszname dürfte sich *V. albatrum* empfehlen.

Die Untersuchung der unterirdischen Theile der erkrankten Stauden ergab Folgendes: Auch stärker erkrankte und schon welcke Stengel, deren Gefäße von unten bis oben mit Mycel erfüllt waren, erwiesen sich in den Rindenpartien der unterirdischen Theile meist als mycelfrei und ohne jene intensiven braunen Flecken, wie sie uns bei den beiden anderen Typen constant begegnen werden. Allerdings nicht ausnahmslos, wir werden jedoch hierauf später zurückkommen.

In den Gefäßen der Brutträger konnte das Mycel öfter leicht nachgewiesen werden schon in einem Stadium, wo dieselben noch vollkommen gesund und kräftig erschienen und auch die Stengel noch grüne Blätter zeigten. Zu dieser Zeit tritt es allerdings noch nicht constant in den Brutträgern auf, fehlt z. B. an demselben Stengel in dem einen, während es in dem anderen schon bis zur neugebildeten Knolle vorgedrungen ist. Sicher ist jedenfalls, daß der Pilz vom Stengel her in die Brutträger eindringt.

Die Knollen, deren Größe auch an den kranken Stauden theilweise noch eine beträchtliche war, wurden in größerer Anzahl gleich nach der Ernte gegen Ende September untersucht. Nur bei ungefähr einem Fünftel oder einem Sechstel der ganzen Menge zeigte sich Mycel in den Gefäßen der inneren Theile der Knollen. Weit war es jedoch niemals vorgedrungen, höchstens bis auf 15 mm. In allen Fällen, wo im Inneren Mycel aufgefunden werden konnte, waren die Gefäße in der Nähe der Ansatzstelle des Brutträgers stark gebräunt, zum Theil geschwärzt, was von der Schwärzung der Mycelfäden herührte. Die letzten Spitzen der Pilzfäden sind aber immer farblos.

Constant aber zeigte sich das Mycelium unseres Verticillium in dem Gewebe an der Ansatzstelle des Brutträgers, also an der Basis der jungen Knolle.

Die aus dem Krankheitsstadium A geernteten Knollen wurden in Töpfe ausgepflanzt und trieben Sprösslinge, welche mit allen Symptomen des sogleich als Form C der Kräufelkrankheit zu schildernden Stadiums behaftet waren. Dadurch ist der genetische Zusammenhang

der Formen A und C festgestellt. Das im Stengel der kranken Pflanzen gefundene Mycel überwintert in der Ansatzstelle des Brutträgers und theilweise im Innern der erzeugten Knollen.

Gleichzeitig mit der Form A beobachtet man auch den von uns als B unterschiedenen Typus. Bei diesem finden wir im Habitus der erkrankten Stauden bereits die Merkmale des dritten Typus, des Höhepunktes der Krankheit, deutlicher ausgeprägt.

Auch bei B unterscheiden sich bis gegen Mitte Juli die erkrankten Stauden nicht von den gefunden in ihrer Nachbarschaft, die Stengel erreichen also auch hier die volle Gröfse der gefunden, da um diese Zeit das Wachsthum ziemlich beendet ist. Stengel und Blätter sind normal entwickelt, besonders die letzteren zeichnen sich vorher weder durch geringere Gröfse noch durch auffallende Kräufelung aus. Mit dem Sichtbarwerden der Krankheit beginnen die Blätter sich an den Rändern zu kräufeln, doch nie in dem Mafse wie bei C, es entstehen braune Flecken, deren Gröfse immer mehr zunimmt, bis zuletzt das ganze Blatt vertrocknet ist. Auch die Blattstiele biegen sich zurück, es zeigen sich an ihnen Verfärbungen, welche später auch am Stengel auftreten und bald zum vollkommenen Vertrocknen desselben führen. Blattstiele und Stengel sind spröde und brüchig aber niemals in so auffallender Weise, wie es bei C uns entgegentritt. Hebt man die ganze Staude aus der Erde heraus, so zeigt sich um diese Zeit die Mutterkartoffel meist schon vollkommen abgefault, oder doch in den Anfangsstadien der Fäulnifs. Die Stengel, welche in der Regel alle erkranken, doch nicht zu gleicher Zeit, sondern nach einander, sind am unterirdischen Theile mit gröfseren braunen Flecken bedeckt, auch zeigen sich häufig Längsriffe in der Rinde. Auch die Wurzeln zeigen Symptome der Erkrankung, ihr Gewebe bräunt sich, stirbt ab und vertrocknet. Die Brutknollen, welche auch bei diesem Typus immer noch erzeugt werden, sind weniger zahlreich und von geringerer Gröfse als die der gefunden Stauden.


Die mikroskopische Untersuchung ergibt abweichend von dem Befunde beim Typus A, daß das Gewebe aller oberirdischen Theile der Pflanze vollkommen pilzfrei ist, was mit den Beobachtungen von KÜHN, DRECHSLER u. A. im Einklange steht. Wenn man dagegen tangentielle Schnitte führt durch die braunen Flecken am unterirdischen Theil des Stengels, so findet man hier das parenchymatische Gewebe der Rinde von Pilzfäden durchwuchert, während die Gefäße keinen Pilz beherbergen (vgl. Taf. VIII, Fig. 2). Das Mycel, welches dem in den Gefäßen bei Form A gefundenen durchaus gleicht, durchwächst Zelllumina und Interzellularräume, zuerst findet es sich in den obersten Schichten der Epidermis und dringt allmählich immer tiefer ein. Man findet es häufig in Zellen, welche vollkommen gesund erscheinenden unmittelbar benachbart sind. Auch in dem Rindengewebe der gebräunten Wurzelpartien sind dieselben Pilzfäden leicht nachzuweisen. Trotz des abweichenden Vorkommens ist nun dieses Mycel identisch mit dem in den Gefäßen beobachteten, denn cultivirt man Schnitte des Gewebes auf Objectträgern oder größere Stengelstücke in feuchter Atmosphäre unter einer Glasglocke, so sieht man die weißen Conidienträger des *Vert. albo-atrum* in ihrer charakteristischen Verzweigung direkt aus diesen Mycelfäden hervorgehen (vgl. Taf. VIII, Fig. 4).

Auch hier tritt wie bei der Form A das Pilzmycel durch die Brutträger auf die jungen Knollen über, es überwintert an der Ansatzstelle des Brutträgers, konnte aber niemals weit in das Innere der Knolle hinein verfolgt werden.

Werden die erzeugten Knollen im nächsten Frühjahr wieder ausgesetzt, so zeigen ihre Triebe die Form C der Krankheit, nur ausnahmsweise scheint eine an einem kräufelkranken Stock gereifte Knolle gesunde Sprosse zu treiben.

Wir haben in der bisherigen Darstellung die beiden Typen A und B von einander getrennt gehalten und scharf unterscheiden können, in der Wirklichkeit kommen sie jedoch zuweilen vereinigt an verschiedenen Stengeln derselben Staude, ja an demselben Stengel vor,

wie bereits früher hervorgehoben wurde. So fanden sich einige Exemplare, welche die Form B der Krankheit zeigten, bei denen nach einiger Zeit in den Gefäßen einzelner stark welker Stengel Mycelium auftrat, es wurden ferner Stengel mit der Krankheitsform A gefunden, welche auch auf der Oberfläche des unterirdischen Theiles braune, mit Mycel inficirte Flecken trugen. Auch kamen an kranken Stengeln noch andere zuerst auffallende Befonderheiten vor. Während einige Stengel in normaler Weise die Form B der Krankheit zeigten, erwiesen sich hin und wieder andere ebenfalls schon welke und erkrankte Stengel auf der Oberfläche des unterirdischen Theils nur spärlich mit braunen Flecken bedeckt und ebenso fanden sich an Stauden, von denen die Mehrzahl der Stengel die Krankheitsform A zeigten, hin und wieder einige ohne Mycel in den Gefäßen, aber trotzdem welk. Diese Fälle gehören zu den Ausnahmen, sie erfordern aber dennoch eine volle Erklärung; der Versuch dazu wird unten gemacht werden. Aus diesen Thatfachen geht hervor, daß die Typen A und B der gleichen, nämlich der ersten Generation der Krankheit angehören.



Die als Typus C der Kräufelkrankheit zu bezeichnende Form geht ausnahmslos aus Knollen hervor, welche an kräufelkranken Stöcken der Typen A und B in der vorhergehenden Vegetationsperiode gereift waren.

Diese den Keim der Krankheit in sich bergenden Knollen, welche kleiner zu sein pflegen als gesunde Knollen der gleichen Race, treiben im Frühjahr Sprosse hervor, welche sogleich mit allen Merkmalen einer hochgradigen Kräufelkrankheit behaftet sind und speziell den Beschreibungen der Autoren zu Grunde gelegen haben.

Diese kranken Triebe kommen später zum Vorfchein, sie entwickeln sich langsamer, bleiben kürzer, als gesunde; die Blätter gelangen nicht zur vollen Entfaltung, sondern bleiben klein, zusammengezogen und zeigen nicht die freudig grüne Farbe der gefunden. Die Fiederblättchen sind kraus und wellig gebogen, der gemeinschaftliche Blatt-

stiel ist zurückgekrümmt. Nach einiger Zeit treten, wie es auch KÜHN beschrieben hat, mit dessen Darstellung wir hier vollkommen übereinstimmen, an den Blättern und am Blattstiel Verfärbungen und dunkle Flecke auf, welche sich mehr und mehr vergrößern. Zuerst vertrocknen die unteren Blätter, allmählich auch die höher stehenden. Zugleich treten auch am Stengel braune Flecken hervor, anfangs an den Insertionen der schon welken Blattstiele, dann auch an anderen Stellen, bis der ganze Stengel von oben nach unten verdorrt. Enthält die Mutterknolle einen hinreichenden Vorrath von Reservestoffen, so kann sie nach dem Absterben der zuerst getriebenen Stengel weitere Augen zum Treiben bringen, aber alle Stengel gehen zu Grunde, ohne es bis zur Blüthe oder dem Ansatz neuer Knollen zu bringen. Zwischen dem Erscheinen und Vergehen des ersten und des letzten solcher aus einer größeren Mutterknolle hervorgehender Stengel kann ein Zeitraum von Monaten liegen. Noch im August wurde neues Austreiben einer Knolle der *Sebec*-Kartoffel beobachtet, deren erster Trieb schon Anfang Juni erschienen und bald abgestorben war. Kleinere Knollen erschöpfen sich jedoch früher und gehen dann bald wie alle Mutterknollen in Fäulniß über. Manche der ausgelegten, von kranken Stöcken entnommenen Knollen haben gar nicht getrieben.

Stengel und Blattstiele zeigen bei dieser zweiten Generation der Krankheit eine ganz außergewöhnliche Sprödigkeit, sie brechen beim Biegen wie Glas.

Nimmt man einen ganzen Stock aus dem Boden heraus, so zeigt sich das unterirdische Stengelfstück stets deutlich braun gefärbt (vgl. Taf. VIII, Fig. 1), bei etwas vorgeschrittenerem Stadium auf der ganzen Oberfläche. Dazu treten besonders bei kräftigen Stengeln Längsriffe, welche das Rindenparenchym bis auf den Holzkörper durchsetzen. Diese Bräunung zeigt sich früher als das Welken der Blätter und der oberirdischen Stengeltheile, sie umfaßt entweder die ganze Oberfläche, oder erscheint fleckenweise, am spätesten tritt sie auf an den unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen Partien. Auch die Wurzeln sind immer auf kürzere oder längere

Strecken gebräunt und welk, zuletzt alle abgestorben. Sie vertrocknen im Boden.

Die mikroskopische Untersuchung von Stengel und Knolle ergibt Folgendes: An den oberirdischen Theilen ist auch auf dieser Stufe, wie wir in Uebereinstimmung mit den früheren Beobachtern mit Einschluss von HALLIER bestätigen können, ein Pilz nicht aufzufinden. Auch die genaueste Durchmusterung der mit Kali aufgehellten Gewebe ergab in allen Fällen dasselbe Resultat. Der Thatbestand ist hier ein gleicher, wie er oben für das Stadium B zur Darstellung gebracht ward. Ein Mycelium von derselben Beschaffenheit, wie es dort beobachtet wurde, durchsetzt auch hier die Gewebe der Rinde des *unterirdischen* Stengels, ohne sich in den Gefäßbündeln zu zeigen. Außerdem findet sich auch häufig, jedoch nicht constant, ein viel feineres Mycel, welches allgemein auf absterbenden Kartoffeltheilen, die auch nicht kräufelkranken Stauden entstammen, verbreitet zu sein scheint und welches auch bei der Form B beobachtet wurde. Demselben zugehörige Fructificationsorgane konnten nicht aufgefunden werden (vgl. Taf. VIII, Fig. 2).

Die Cultur sowohl größerer Stengelstücke im feuchten Raum als auch dünner Schnitte auf Objectträgern zeigt auch hier das Hervorwachsen der Conidienträger des Vert. albo-atrum aus den Fäden des Myceliums, welche das Rindengewebe der erkrankten Triebe durchsetzen (vgl. Taf. VIII, Fig. 4 und betreffs der bei dieser Form erzeugten Conidien, ihrer Keimung etc., die Figg. 4, 6, 7, 8 der Taf. IX).

Was endlich die ausgesetzte Knolle anbetrifft, so erscheint dieselbe durchaus normal, sie verhält sich wie jede andere Mutterknolle. Quer- und Längsschnitte ergeben, daß ihr Gewebe im Innern vollkommen gesund ist. Es wird hierbei jedoch vorausgesetzt, daß die Knolle noch nicht derart erschöpft sei, daß in Folge davon schon wie bei jeder Mutterknolle die Fäulniß eingetreten ist. Macht man jedoch Tangentialschnitte durch die Korkschicht, so findet man die Zellen derselben mit Mycelfäden dicht erfüllt, welche sich von den in den Stengeln gefundenen äußerlich nicht unterscheiden lassen. In

das Parenchym der Knolle sieht man diese Fäden nicht eindringen. Cultivirt man kleinere Schnitte in der Feuchtkammer, so erscheinen auf der inneren Schnittfläche bald kürzere Aeste des Mycels, welche sich zu zwerghaften Conidienträgern gestalten und welche unzweifelhaft zu *V. albo-atrum* gehören (vgl. Taf. IX, Fig. 11). Das Mycel, welches wir im Herbst an der Ansatzstelle des Brutträgers vorfanden, umwächst also die Knolle, ohne in ihr Inneres einzudringen und muß dann aus der Korkschicht auf die jungen Triebe übertreten.

Es wirft sich hier deswegen die Frage auf: Zu welcher Zeit umwächst das Mycel von *Vert. albo-atrum* die Oberfläche der ganzen Knolle, findet dies schon im Herbst statt, so lange die Knollen noch in der Erde liegen, oder im Winter während der Aufbewahrung im Keller, oder erst im Frühjahr nach der Ausfaat?

Wie wir bei der Besprechung der Krankheitsformen A und B sahen, ist im Herbst bei den Brutknollen von kranken Stauden das Mycel von *Vert. albo-atrum* leicht an der Ansatzstelle des Brutträgers, zum Theil auch noch in den Gefäßen im Innern der Knolle nachzuweisen. Durchmustert man zu dieser Zeit auch andere Theile der Oberfläche von Brutknollen, so wird man in den Korkschichten wohl niemals vergeblich nach Pilzfäden suchen, man findet solche immer, wenn auch nur spärlich, aber nicht allein auf den kranken Brutknollen, sondern ebenso gut auf solchen, die an gefunden Stauden gewachsen sind. Zumeist sind es Mycelfäden von *Pleospora herbarum*, welche stellenweise sogar reichlich die Korkzellen durchwuchern und welche, wenn die Knollen in nicht gar zu trockener Atmosphäre gehalten werden, zahlreiche Conidienträger an die Oberfläche senden, an denen die allbekannten Conidien gebildet werden. Es fallen ferner schon dem bloßen Auge auf fast allen Knollen kleine schwarze, etwas hervorragende Pünktchen auf, welche sich unter dem Mikroskop als kleine Sclerotien erweisen und welche meist den Raum einer Korkzelle erfüllen, deren Umrissen sie sich vollständig anschmiegen. Sie gehören unzweifelhaft zu der später noch näher zu besprechenden, auf Kartoffeltheilen äußerst häufigen *Periola*-Form, denn sie treiben in

der Cultur aus, und an den entstandenen Mycelfäden wurde einigemal die Bildung der für jene charakteristischen Conidien beobachtet. Das zugehörige Mycelium ist farblos und septirt und leicht mit dem von *Vert. albo-atrum* zu verwechseln, doch sind die älteren Fäden meist bedeutend dicker. Aber es treten auch Mycelien auf, die in keiner Weise von dem Mycel des *Verticillium* zu unterscheiden sind, erst umständlichere Culturversuche müssen uns Gewissheit verschaffen, ob es zu demselben gehört oder nicht.

Cultivirt man Knollen, gesunde sowohl wie kranke, einige Zeit im feuchten Raume, so findet man bei der späteren Untersuchung die Mycelfäden bedeutend vermehrt. Auf der unverletzten Oberfläche erscheinen jedoch keine Conidienträger von *Vert. albo-atrum*, auch bei den kranken Knollen treten sie nur an der Ansatzstelle des Brutträgers auf. Bei diesen kann man sie jedoch auch aus anderen Theilen hervorklocken, wenn man eine Scheibe von der Knolle abschneidet und so das innere Gewebe bloßlegt. Auf der Schnittfläche erscheinen nach einiger Zeit Mycelfäden, welche vom Rande nach der Mitte vordringen, sie sind zuerst ganz unscheinbar, später bilden sie einen feinen weissen Ueberzug, aus dem zahlreiche Conidienträger von *Vert. albo-atrum* emporragen. Das Mycel dringt aber auch hier niemals tief in das Gewebe der Knolle ein, indem sich letztere auch gegen *Verticillium* durch eine Korkschicht zu schützen vermag. Offenbar findet der Pilz aber in den ihm preisgegebenen äusseren Parenchymsschichten hinreichende Nahrung, um zur Conidienbildung zu gelangen, was ihm in der Korkschicht nicht möglich ist.

An gefunden Knollen derselben Race, welche in der gleichen Weise behandelt wurden, zeigte sich *Vert. albo-atrum* nicht, obwohl die Untersuchung ergab, daß zahlreiche Mycelfäden in der Korkschicht vorhanden waren. Dieselben gehören daher nicht zu *Vert. albo-atrum* aber höchst wahrscheinlich zu *Nectria Solani* und *Verticillium cinnabarinum*, deren Conidienträger auch auf feucht liegenden, noch gefunden Knollen beobachtet werden, die aber bekanntlich erst mit dem Eintritt der Fäulnis zur massenhaften Entwicklung kommen.

Wir werden daher auch die auf kranken Knollen schon im Herbst gefundenen vereinzelt Mycelfäden als zu den erwähnten beiden Saprophyten gehörend ansehen müssen, während *Vert. albo-atrum* auf eine kleine Stelle an dem Anheftungspunkte des Brutträgers beschränkt zu sein scheint. Die weitere Ausbreitung von hier geschieht schon im Herbst, wenn die Knollen bei Zimmertemperatur feucht gehalten werden, bei trockenerer Lage trat den Winter hindurch eine erhebliche Vermehrung der Pilzfäden auf der Oberfläche nicht ein, ein Gleiches wird auch in nicht zu feuchten und warmen Kellern der Fall sein. Normalerweise wird also die Umspinnung der ganzen Knollenoberfläche erst im Frühjahr nach der Ausfaat erfolgen.

Uebrigens wird es sich nur dadurch sicher entscheiden lassen, ob der Pilz im Herbst wirklich noch auf die erwähnte kleine Stelle der Oberfläche beschränkt ist, daß man kranke Brutknollen schon im Herbst der Querrichtung nach halbiert und nun durch getrenntes Auspflanzen der Hälften untersucht, ob etwa die obere Hälfte gesunde Pflanzen erzeugt oder nicht. In dieser Weise angestellte Culturen haben leider bis jetzt ein Resultat noch nicht geliefert. —

Kehren wir nun zur Hauptsache zurück, so mag als wichtigstes Moment noch einmal hervorgehoben werden, daß die im Stadium C der Kräufelkrankheit befindlichen Stauden niemals neue Knollen zu produciren vermögen, mit diesem Typus muß also die Reihe der kräufelkranken Generationen aussterben, welche somit wohl immer nur aus zwei Gliedern besteht. —

Die Frage, welche jetzt an uns herantritt, ist folgende: Wie entsteht die Kräufelkrankheit in der ersten Generation und wird dieselbe durch den zu *Verticillium* gehörigen Pilz hervorgerufen?

Daß der Kräufelkrankheit der Charakter einer Infektionskrankheit zukomme, wird dadurch nahe gelegt, daß sie in erster Generation autochthon in bis dahin gefunden Individuen zum Vorschein kommt.

Die uns bekannten Infektionskrankheiten der Gewächse werden aber durch Pilze oder durch Bakterien hervorgerufen. Da nun Bakterien in dem Gewebe kräufelkranker Stengel und Knollen, sofern

dieselben nicht fekundär in Nafsäule übergangen, niemals nachzuweisen waren, so mußte der constant in den kräufelkranken Stöcken gefundene Pilz als wahrscheinlicher Erreger der Krankheit ins Auge gefaßt werden. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Muthmaßung war nur durch Impfung gesunder Kartoffelpflanzen mit diesem Pilze zu erbringen.

Freilich ist es an sich nicht leicht erfindlich, welch' anderer Urfache man die Bräunung der Stengel und das Absterben der Wurzeln zu schreiben soll, als eben dem sich darin findenden Mycel, wenn man nicht verdorbenen Säften in den Knollen oder ungeeigneter Bodenbeschaffenheit die Schuld geben will, was Beides mit den Thatfachen schlecht in Einklang zu bringen ist. Denn der letztere Einwand ist aus dem Grunde zu verwerfen, weil die kranken Exemplare ja zerstreut und vereinzelt zwischen vollkommen gefunden gefunden werden. Für den ersteren könnte die glasige Beschaffenheit des Stengels sprechen, welche ja jedenfalls abnorme Stockungen der Säfte anzeigt, allein bei der großen Unwahrscheinlichkeit, welche eine solche Annahme nach allen neueren Erfahrungen besitzt, werden wir richtiger die beobachteten Abnormitäten als Folgen einer andersartigen Krankheitsurfache aufzufassen haben.

Als Resultat der von uns zur Entscheidung der Frage angestellten Impfungen war natürlich immer nur eine Erzeugung der ersten Generation der Krankheit zu erwarten, also der beiden Typen A und B.

Eine grössere Reihe von Infectionsversuchen ergab zum Theil ein negatives Resultat; es bezieht sich dies auf alle die Fälle, wo eine Impfung von aussen in die Knolle und das Rindenparenchym des Stengels versucht wurde. Es konnte dadurch keine der beiden Krankheitsformen erzeugt werden. Wir haben Grund anzunehmen, daß die Urfache theils darin begründet ist, daß die im Sommer 1878 zu derartigen Impfungen benutzten Knollen nicht zu denjenigen Racen gehörten, welche sich der Krankheit am zugänglichsten zeigen, theils aber auch in anderen sekundären Umständen zu suchen ist. Die bisherigen Ergebnisse lassen ein endliches Gelingen doch wahrscheinlich erscheinen.

Das Resultat der Versuche ist jedoch im Allgemeinen als ein positives zu bezeichnen, indem die Erzeugung des Stadiums A, bei

welchem das Mycelium des Pilzes in den Gefäßen sich findet, durch künstliche Infection gefunder Kartoffelprosse mit den Conidien von *Vert. albo-atrum* vollständig gelungen ist.

Zu diesem Behufe wurden Stengel gefunder Pflanzen mit dem Scalpell eine kleine Strecke weit der Länge nach aufgespalten und der Schnitt so geführt, daß gerade ein Gefäßbündel getroffen war. In die Wunde wurden dann reine Conidien hineingebracht, welche von Stengeln stammten, die die Form A der Krankheit gezeigt hatten. Die Oeffnung wurde darauf zur Abhaltung fremder Pilzsporen und um die Austrocknung zu verhüten mit einer Compresse umwunden. Nach 4—6 Wochen kam ein Theil der geimpften Stengel zur Untersuchung. Bei denjenigen, wo der Schnitte in Gefäßbündel wirklich durchschnitten hatte, war die Infection gelungen, alle Gefäße zeigten sich mit Mycel erfüllt, theilweise bis zur Spitze des Stengels hinauf. Letzterer, sowie auch die Blattstiele waren nicht brüchig, beim Welken wurden die Blättchen gelb und zeigten keine schwarzen Flecken. Diejenigen Stengel, bei denen durch den Schnitt kein Gefäßbündel geöffnet worden war, blieben gesund; die Conidien hatten jedoch gekeimt, das Mycel sich aber nur in den freigelegten und abgetödteten Parenchymzellen ausgebreitet und einzelne kleine Conidienträger erzeugt. Das tiefer liegende Gewebe war durch eine Korkschicht geschützt. Stengel, welche nach erfolgreicher Impfung zeitiger untersucht wurden, zeigten, daß von der Impfungsstelle aus das Mycel zunächst in dem einen Gefäßbündel auf- und abwärts wächst, an den beiderseits mit diesem Gefäßbündel in Communication stehenden Blattknoten tritt es dann auch auf andere Gefäßbündel des Stengels über. Die allmählich vertrocknenden Stengel schwärzten sich von dem Mycel später ebenso, wie die im Freien gefundenen kranken Exemplare, in jeder Hinsicht erwies sich das Mycel als vollkommen identisch mit dem in spontan erkrankten Individuen auftretenden.

Es könnte auffallen, daß an den Blättern der künstlich inficirten Stengel beim Welken keine braunen Flecken auftraten. Vielleicht verhalten sich in dieser Hinsicht verschiedene Varietäten verschieden;

die zu den Versuchen gebrauchten Knollen waren leider vorher nicht bestimmt worden. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß das Fleckigwerden der Blätter eben nicht charakteristisch ist für die reine Form A der Kräufelkrankheit, denn wie wir auch früher gesehen haben, treten diese Flecken an den kranken Exemplaren keineswegs constant auf, und wo sie vorhanden, treten sie meist nur wenig hervor. Umfassendere Versuche müssen hierüber entscheiden, sowie auch darüber noch Gewißheit verschaffen, ob auch die *künstlich* inficirten Pflanzen kräufelkranke Brutknollen erzeugen, was allerdings nicht zu bezweifeln ist. Die zu den Impfungsversuchen verwendeten Exemplare waren in Töpfen gezogen und brachten nur winzige Knollen hervor, in denen ebenso wenig wie in den Brutträgern Mycel gefunden wurde.

Da wir wissen, daß aus der Form A der Kräufelkrankheit in zweiter Generation die Form C hervorgeht, so ist mit den angeführten Versuchen die Bedeutung von Vert. albo-atrum als Ursache und Erzeuger der Krankheit bewiesen. Wenn es bisher nicht gelang, auch den Typus B künstlich hervorzurufen, so liegt es unzweifelhaft an der ungenügenden Form der Versuche, und wird sich auch dies realisiren lassen. Folgender Versuch giebt bereits eine Andeutung für das Gelingen solcher Impfungen: Gesunde Knollen wurden in stark mit Conidien von Verticillium inficirte Erde eingesetzt und zum Treiben gebracht. Bei der Untersuchung nach längerer Cultur zeigten sich zahlreiche Wurzeln auf größere und geringere Strecken gebräunt und mit Mycel durchwachsen, während zur Controle in dieselbe aber nicht inficirte Erde ausgesetzte Knollen vollkommen unverfärbte Wurzeln befaßen. Sehr wahrscheinlich wird diese Methode bei Anwendung von der Kräufelkrankheit unterworfenen Sorten und bei hinreichend frühzeitigem Aussetzen leicht zum Ziele führen.

Außer den erwähnten wurden noch Versuche gemacht, das Eindringen des Verticillium in einzelne gesunde Wurzeln unmittelbar zu konstatiren. Ausfaat von reinen Conidien auf die Wurzeln in feuchter Atmosphäre blieb erfolglos, da die Conidien nicht keimten. Als jedoch Stücke von mit Mycel behafteten Stengeln und kleinere Mycelpartien

mit gefunden Wurzeln in Berührung gebracht wurden, gelang die Infection mehrere Male, besonders ein Fall war evident: Auf eine gefunde ca. 5 *cm* lange, frei im feuchten Raum wachsende Wurzel wurde in der Nähe der Spitze eine kleine Mycelpartie aufgelegt. Nach zwei Tagen fing die Spitze der Wurzel an sich aufwärts zu krümmen, am vierten Tage bildete sie mit der früheren Richtung einen rechten Winkel. Bei der Untersuchung an diesem Tage zeigte sich, daß das Mycel, wo es aufgelegt worden, reichlich in die Epidermiszellen eingedrungen war und sich in einem kleinen, elliptischen, bräunlichen Fleck verbreitet hatte, der an der Stelle der stärksten Krümmung lag. Die Mycelfäden fanden sich in den drei oberen Zellschichten. Es geht hieraus hervor, daß der Pilz durch die unverletzte Epidermis in das Innere der Wurzeln einzudringen vermag.

Wie haben wir uns nun den Krankheitsverlauf im Einzelnen zu denken, und wie erfolgt unter normalen Umständen im Freien die Infection? Unzweifelhaft wird in der letzten Krankheitsform C das Mycel beim Austreiben von der Knollenoberfläche auf die jungen Stengel übertragen. Hier breitet es sich langsam in der Rinde aus und befällt die nächststehenden Wurzeln, zuerst die äußersten Schichten derselben abtödtend. Ist so nur an einer kurzen Stelle die ganze Rindenschicht rund um den axilen Gefäßstrang zerstört, so wird natürlich der ganze übrige Theil der Wurzel von hier bis zur Spitze bald aus Nahrungsmangel absterben müssen. In dem toten Gewebe verbreitet sich dann der Pilz rasch der ganzen Länge nach. Wo das kranke Gewebe im Boden mit einer gefunden Wurzel in Berührung kommt, was bei den zahlreichen Verästlungen derselben jedenfalls nicht selten stattfindet, wird auch diese leicht inficirt werden können. So erklärt sich das häufige Auftreten isolirt erkrankter Partien an den Wurzeln befallener Stauden.

Von solchen neuen Infectionsstellen aus wird wieder ein großer Theil der Wurzel abgetödtet werden, gegen den Stamm zu wird das Mycel jedoch langsamer vordringen, da es hier fortwährend mit gesundem Gewebe zu kämpfen hat. Der Befund bei der Untersuchung kranker

Pflanzen steht mit dieser Verbreitungsart des Pilzes in dem Wurzelgewebe in Einklang. —

Dafs von kranken Stauden stammende Knollen zuweilen gar nicht treiben, könnte zweierlei Ursache haben. Entweder können die Augen schon vor dem Austreiben von dem Pilzmycel abgetödtet sein, oder diese Knollen sind wegen zu ungenügender Reife nicht lebenskräftig genug, um überhaupt sich noch weiter entwickeln zu können. Letzteres erscheint als das wahrscheinlichere, es erklärt die Verspätung des Austreibens aller kranken Knollen.

Jedenfalls wird in dieser Thatfache, sowie in dem raschen Zugrundegehen der austreibenden Sprosse der zweiten Generation eine Schwächung der Organisation zu erblicken sein, welche der Kartoffelstock in der ersten Generation der Kräufelkrankheit erfahren hat. Der Umstand ferner, dafs in den Stadien B und C das Mycelium des Pilzes auf die unterirdische Basis der Stengel beschränkt bleibt, ist ein beredtes Zeugniß dafür, dafs lokalisirte Pilzwucherungen Stockungen der Säfte und Beeinträchtigung der Zellenthätigkeit in entlegenen, vom Pilze direkt nicht berührten Theilen einer Pflanze hervorbringen können. Ebenso ergibt sich aus dem Vergleich der Typen A mit B und C, wo das eine Mal der Pilz die Gefäße, das andere Mal das Rindenparenchym durchwuchert, dafs der Ort des Vorkommens eines parasitischen Pilzes den Habitus einer erkrankten Pflanze zu bedingen vermag.

Ob die Form B der Krankheit nur durch direkte Infection der Wurzeln und der Stengeloberfläche von aussen entsteht, oder ob auch hier ein Eindringen des Mycels in Stengel und Wurzeln von der Knollenoberfläche her stattfinden kann, ist nicht entschieden, denkbar sind beide Fälle. Nach den bisherigen Erfahrungen gehört die Form B aber zur ersten Generation der Krankheit.

Bei der Form A endlich ist von vornherein eine Annahme, nämlich die, dafs das Mycel von der Oberfläche des unterirdischen Stengeltheils in die Gefäße eindringe, ausgeschlossen, weil sich die Rinde der betreffenden Stengel als pilzfrei erweist. Näherliegend wäre die

Infection von den Gefäßbündeln angegriffener Wurzeln aus, aber dies muß darum für unwahrscheinlich erklärt werden, weil im frühen Stadium der Form A die Wurzeln noch gesund sind. Wie würde es sich in diesem Falle ferner erklären, daß wir Stengel finden, wie bei der Form B der Krankheit, welche zahlreiche verletzte Wurzeln aufweisen, ohne daß die Gefäße nur eine Spur von Mycel zeigten. Darum scheint nur ein Weg für das Eindringen des Pilzes bei der Form A übrig zu bleiben, nämlich der von dem Innern der Mutterkartoffel her. Nun zeigen aber die gemachten Versuche unwiderleglich, daß ein Eindringen des Pilzes in das Innere der gefunden Knolle nicht stattfindet*) weil jede Wunde auch bei Vorhandensein von Vert. album bald durch eine Korkschicht geschlossen wird. Ein Eindringen in die Gewebe der Mutterknolle wird also jedenfalls erst beim Absterben derselben oder kurz vorher stattfinden können. Da sich der Pilz als eminenter Saprophyt, wie wir ihn trotz seines zeitweiligen Parasitismus kennen gelernt haben, im faulenden Gewebe sehr rasch verbreitet, so wird er noch vor dem gänzlichen Zugrundegehen der Knolle bis zu den Ansatzstellen der Stengel gelangen und hier einen offenen Weg in die Gefäße finden. Die Zeit des ersten Auftretens der Krankheitsform A von Mitte Juli an stimmt mit dieser Annahme gut überein, denn um diese Zeit pflügen die Mutterknollen gerade zu verschwinden.

Wir sahen früher, daß Combinationen der Typen A und B an einem Individuum vorkommen, und in der That scheint ein solches Zusammentreffen nach dem zuletzt Gefagten ganz naturgemäß. An einem Stengel, der die Form B zeigt, wird beim Faulen der Knolle der Pilz auch von unten her in die Gefäße eindringen können. Weil der Stengel jedoch zu früh abstirbt, gelangt er nicht bis zur Spitze

*) Abgesehen natürlich von den Brutknollen kranker Pflanzen, wo, wie wir gesehen, zuweilen der Pilz ziemlich weit in die Gefäße eindringt. Dies ist für den vorliegenden Fall ohne Bedeutung, da ja diese Knollen die Form C erzeugen.

Die in der Cultur an ihnen gemachten Erfahrungen beweisen, wie schon oben angeführt, daß das Mycel in den Gefäßen nur äußerst geringe Fortschritte macht.

hinauf. Umgekehrt wird auch bei der Form A ein Uebertreten aus der abgestorbenen Knolle auf die Oberfläche des Stengels und auf die Wurzeln keine Schwierigkeiten bieten.

Auch die Frage muß hier ihre Erörterung finden, ob die Kräufelkrankheit als ansteckend aufzufassen ist oder nicht. Aus der Erfahrung wissen wir, daß sie vereinzelt zwischen gefunden Stauden auftritt. Man könnte daraus die Vermuthung herleiten, daß sie nicht ansteckend wäre. In dem Vorhergehenden wurde jedoch die Infection von Wurzel zu Wurzel als wahrscheinlich und häufig vorkommend angenommen, woraus sich gerade das Gegentheil ergeben würde. Eine Infection der Wurzeln einer gefunden Staude durch diejenigen einer benachbarten kranken ist unzweifelhaft möglich und muß erfolgen, vorausgesetzt, daß eine Berührung zwischen den beiderseitigen Wurzeln statthat. Nun werden aber die Kartoffelknollen so weit von einander entfernt ausgelegt, daß eine Berührung der Wurzeln verschiedener Stauden doch weniger häufig sein wird, als man denken könnte, ferner wird aber, wenn wirklich eine Infection eintritt, diese nur an vom Stengel entfernteren Stellen statthaben und so eine direkte Gefahr für die Pflanze noch nicht herbeizuführen brauchen. Anders verhält es sich jedoch mit den verschiedenen Stengeln ein und derselben Staude; diese stehen dicht neben einander, ihr Wurzelsystem ist dicht verflochten und die Wahrscheinlichkeit, daß einer verschont bleibe, ist sehr gering.

Fassen wir die Ergebnisse der letzten Betrachtungen zusammen, so würde die Infection einer gefunden Kartoffelpflanze durch *Vert. albo-atrum* unter allen Umständen nach der Ausfaat im Acker vor sich gehen. Die Conidien sowohl wie die Sclerotien des Pilzes können in der Ackererde vorhanden sein, in welche bei der Ausfaat die Kartoffel hineingelegt wird, sie keimen an der Oberfläche der Knollen und der hervorbrechenden Wurzeln und dringen in die letzteren ein. Je nachdem sich der Pilz den Eintritt in die Rinde bahnt oder in die Gefäße des Kartoffelstengels, erzeugt er den Typus B oder A der Kräufelkrankheit.

Die Verbreitung des Pilzes in der Ackerkrume wird ausgehen

vor Allem von vorhandenen Resten der abgestorbenen Stengel und Wurzeln kräufelkranker Stauden. Die modernsten Gewebe derartiger Rückstände einer vorjährigen Kartoffelpflanzung bieten den Conidien wie den Sclerotien von *Vert. atro-album* den günstigsten Boden für Keimung und Weiterentwicklung. Die Gefahr für eine ausgepflanzte Kartoffel ist drohend, wenn ihre unterirdischen Theile mit derartigen Resten in Berührung kommen.

Für eine allgemeinere Verbreitung des Pilzes spricht noch die Thatfache, daß auch hier und da an übrigens gefunden Pflanzen braune Flecken sowohl an den Wurzeln, wie an den unterirdischen Theilen der Stengel zur Beobachtung gelangen. Obgleich in diesen Flecken sich ein dem von *Verticillium* in jeder Beziehung gleichendes Mycel nachweisen ließe, so waren doch keine Symptome der Kräufelkrankheit an den Stengeln der Pflanzen sichtbar. Der Grund dafür wird zum Theil in der noch geringen Ausbreitung der Flecken, bei vielen Racen in der größeren Widerstandsfähigkeit gegen den Pilz zu suchen sein, da ja bekanntlich nur einzelne Racen der Krankheit unterworfen sind*).

Die angeführten Thatfachen werden uns leiten müssen, wenn wir nach Methoden suchen, um der Kräufelkrankheit vorzubeugen.

Wie bei anderen Pflanzenkrankheiten, so werden wir auch hier nicht Zeit und Mühe verschwenden, einen einmal erkrankten Stock retten zu wollen. Abgesehen davon, daß derartige Bemühungen voraussichtlich erfolglos sein dürften, würde ihr praktischer Werth ein zu geringer sein. Demnach werden wir unser Hauptaugenmerk auf *Präventivmaßregeln* concentriren. Der Verlauf der Krankheit, wie

*) In BIEDERMANN'S Centralblatt Bd. IX, 1876 S. 64 werden folgende Racen namentlich aufgeführt: 1) *Early Rose*, 2) *Sebec*-Kartoffel, 3) *Late Rose*, 4) *Early Cottage*, 5) *Blasrothe Niere* von Sölmnitz, 6) *Luxemburger weiße runde Kartoffel*, 7) *Early Vermont*, 8) *Brefees Peerless*, 9) *Hundredfold Feuck*, 10) *Früheste rothe 6 Wochen Kartoffel*, 11) *Calico*.

An den beiden zuerst aufgeführten, cursiv gedruckten Racen wurde die Krankheit auch von uns beobachtet, außerdem aber noch an der Race *«Rothe Amerikaner»*.

er oben geschildert, zeigt uns folgende Wege, um eine epidemische Ausbreitung der Krankheit zu verhüten:

Erstens muß Sorge getragen werden für reines Saatgut. Dies wird am sichersten erreicht, wenn man bereits im Sommer auf Kartoffeläckern, wo Saatkartoffeln gebaut werden, alle diejenigen Stauden frühzeitig herausnimmt, welche Spuren der Kräufelkrankheit zu erkennen geben. Die von diesen Pflanzen angesetzten Knollen werden sich gekocht als Viehfutter verwenden lassen. Ist aber auf einem Acker das Kraut bereits durchgängig abgetrocknet, so wird das Erkennen kräufelkranker Knollen unmöglich sein.

Zweitens hat man darauf zu sehen, daß die Ackererde, in welche Kartoffeln ausgepflanzt werden sollen möglichst frei sei von Conidien und Sclerotien des *Verticillium*. Es kann dies angestrebt werden dadurch, daß man im Herbst die trockenen Stengel und andere Reste der Vegetationsorgane von Kartoffeln, deren Knollen bereits geerntet, sind durch Verbrennen zerstört. Die dann noch im Boden steckenden Theile, abgestorbene Wurzeln und dergleichen, werden hierbei immer noch als Heerde einer saprophytischen Wucherung des Pilzes die Verbreitung desselben befördern können. Da aber *Vert. atro-album*, wenn es auch von anderen organischen Resten sich zu ernähren vermag, dennoch unzweifelhaft ein zur Kartoffelpflanze spezifisch zugehöriger Pilz ist, so wird man der Infection einer frischen Ausfaat durch den Ackerboden dadurch begegnen können, daß man den Anbau von Kartoffeln auf demselben Areal eine Reihe von Jahren hindurch unterläßt.

Endlich mag noch hervorgehoben sein, daß auch die Ansteckung gesunder Knollen durch kräufelkranke nicht ganz ausgeschlossen erscheint, sobald sich dem Pilze durch Feuchtigkeitsverhältnisse u. s. w. günstige Vegetationsbedingungen darbieten. In wie weit solche Verbreitung des Pilzes von kranken Knollen auf gesunde thatsächlich vorkommt, und welche Bedingungen dieselbe begünstigen, muß speziell darauf gerichteten Untersuchungen überlassen bleiben. —

Zum Schlusse bedürfen noch die Widersprüche, welche zwischen

der von uns vertretenen Darlegung des Wesens und der Ursachen der Kräufelkrankheit und der von HALLIER, dem neuesten Monographen der Kräufelkrankheit, gegebenen einer kurzen Beleuchtung.

Wir stimmen, wie bereits andeutungsweise hervorgehoben wurde, mit HALLIER darin überein, daß die Kräufelkrankheit auf zwei vegetative Generationen der Kartoffelpflanze sich vertheilt, daß sie von der ersten auf die zweite sich vererbt und mit der zweiten Generation ausstirbt, weil diese keine neuen Knollen zu erzeugen vermag. Während jedoch HALLIER den Nachweis führte, daß in der ersten Generation der Krankheit ein Mycelium in den Gefäßen auftritt, so vermischen wir doch schon bei ihm die Unterscheidung des von uns als Typus B bezeichneten Zustandes der ersten Generation. Auch in der zweiten Generation ist HALLIER das constante Vorkommen des Pilzmyceliums in der Rinde des untersten Stengelgliedes entgangen.

Auf das entschiedenste müssen wir aber bestreiten, daß der in den Geweben der kräufelkranken Pflanzen vorkommende Pilz identisch sei mit einer Art der Gattung *Pleospora*, wie HALLIER es darstellt. Wenn auch unzweifelhaft noch andere Fruchtsformen als die von uns allein beobachteten Conidienträger in den Kreis der Entwicklung des *Verticillium* gehören, so ist doch nach allem, was wir über die Fortpflanzungsorgane von *Pleospora* wissen, eine Zugehörigkeit unseres Pilzes zu dieser Gattung durchaus unwahrscheinlich, vermuthlich werden die eventuell zu beobachtenden Peritheccien ihn in die Gruppe der *Nectriaceen* verweisen.

Die eigenen Darstellungen HALLIER's geben uns Anhaltspunkte dafür, wie derselbe dazu gelangte, das im Stengel kräufelkranker Kartoffeln gefundene Mycelium für das einer *Pleospora* zu erklären.

Zunächst hat HALLIER unzweifelhaft auch die schwarzbraunen Dauermycelien des *Verticillium* beobachtet und theilweise mit *Pleospora*-Conidien verwechselt (man vergleiche seine Fig. 5 u. 8 auf Taf. II, sowie 1 u. 3 auf Taf. III).

Sodann finden sich die Gebilde, welche er, freilich ohne den Beweis dafür zu erbringen, für Pycniden von *Pleospora polytricha*

erklärt, überaus häufig auf abgestorbenen Kartoffeltheilen, aber keineswegs ausschließlich auf den Stengeln kräufelkranker Stöcke, sondern ebenso verbreitet auf Pflanzen, welche von der Krankheit völlig verschont geblieben waren. Wir haben übrigens häufig kräufelkranke Stengel, vor Zutritt fremder Sporen geschützt, cultivirt, auf denen keine Spur von ihnen auftrat.

Wir haben die von HALLIER als *Pleospora-Pycniden* gedeuteten Gebilde vielfach beobachtet, allein es blieb uns sehr zweifelhaft, ob dieselben zu einer *Pleospora* gehören können. Auch zeigten sich die schwarzbraunen halbkugligen Polster, welche mit den spitzen Appendices bedeckt sind, im Innern von einem soliden, mit Reservestoffen dicht erfüllten Pseudoparenchym gebildet, so daß auch die Bezeichnung »Pycniden« noch keineswegs zutreffend erscheint. Man wird sie Stromata oder gar Sclerotien nennen müssen.

Die Entstehung dieser Stromata und die zugehörigen Conidien haben wir übrigens beobachtet. Das besonders im Alter ziemlich dicke Mycel durchsetzt das Gewebe abgestorbener Kartoffeltheile, einzelne sich stark verzweigende Aeste treten an die Oberfläche, indem sie die Epidermis durchbrechen. Hier bilden sie zuerst ein kleines, wenig hervorragendes Polster, auf dem die Conidien abgefehnürt werden. Dieselben sind stäbchenförmig, farblos, ca. 16 Mik. lang und 5 Mik. breit, (vgl. Taf. IX, Fig. 12a, 14, 15) von einer zarten Membran bekleidet, im Anfang einzellig mit einer großen Vacuole in der Mitte. Beim Beginn der Keimung, welche im Wassertropfen auf dem Objectträger beobachtet wurde (vgl. Taf. IX, Fig. 12b, 13) entstehen zwei deutliche Vacuolen, und es tritt in der Mitte eine Scheidewand auf. Jede der so entstandenen Zellen vermag einen Keimschlauch auszutreiben, welcher sich septirt, und dessen Terminalzelle wir schließlich anschwellen und sich in eine derbwandige, schwarzbraune Dauerzelle verwandeln sehen. Diese Dauerzelle vermag durch Theilung in ein vielzelliges Sclerotium überzugehen.

Schon beim ersten Hervorbrechen der jungen Polster zeigt sich meist in ihrer Mitte ein derbwandiges, braunes, gegliedertes Haar,

die Fortsetzung meist des centralen der Myceliumäste (vgl. Taf. IX, Fig. 14). Indem durch die durchbrochene Stelle der Epidermis sich immer mehr Verzweigungen des Pilzes emporchieben, wächst ein Theil der Äeste zu weiteren Haaren aus, den Appendices von HALLIER, während die übrigen Äeste mit einander fest verwachsen das pseudo-parenchymatische Stroma bilden (Fig. 15). Später erlischt die Conidienbildung, und nach einiger Zeit, während welcher die Größenzunahme fort-dauert, haben wir die halbkugligen, schwarzen, mit leicht abbrechenden Haaren bedeckten Körper. Die Weiterentwicklung derselben blieb unermittelt. Wollen wir diesen zuletzt erwähnten Pilz einem der für Conidienträger und Stromata gebildeten Formgenera zutheilen, so würde hierfür wohl nur die Gattung *Periola* von FRIES als einigermaßen zutreffend erscheinen.

Nachträglicher Zusatz. Einzelne, im Februar 1879 in Töpfen austreibende Knollen, die von Kartoffelstauden stammten, welche die Symptome des Typus A der Kräufelkrankheit nur in geringem Grade gezeigt hatten, lieferten Sprosse, die sogleich mit dem Charakter des Typus B behaftet waren, so daß dieser letztere also auch in zweiter Generation zu entstehen vermag. Weil diese Pflanzen gut ausgebildete Blätter besaßen, haben sie auch ziemlich große, sicher triebfähige Knollen angesetzt, mittelst deren hier die Krankheit sich auf *drei* Generationen erstrecken wird. Danach sind die Typen B und C nur gradweis verschieden, mit C muß die kranke Generationsreihe aussterben, weil die Blätter nicht zu assimiliren und daher keine neuen Reservestoffe zu bilden vermögen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I. *Hypomyces Solani*.

- Fig. 1. Verschiedene Formen reifer Microconidien (380/1).
Fig. 2. Bildung der Microconidien auf unverzweigtem Träger. a) Mycelfaden, b) abgefehnürzte Microconidien; c) Anastomosen des Mycels; d) Conidienträger, bei s das als Scheitelzelle des Conidienträgers fungierende Sterigma (380/1).
Fig. 3. Keimende Microconidie mit verzweigtem Mycel (380/1).
Fig. 4. Keimende Microconidie, wo die Keimschläuche Strahlen zweiter Ordnung an der Sporenaxe darstellen (540/1).
Fig. 5. 6. Verzweigte Conidienträger (380/1).
Fig. 7. Spitze eines wachsenden Coremiums, welches bei c) Microconidien erzeugt (380/1).
Fig. 8. Entstehung von Macroconidien an zwei parallel wachsenden Hyphen eines Coremiums, die durch mehrere Commisuren mit einander in Verbindung stehen (660/1).
Fig. 9. Zwei reife Macroconidien, die eine glatt, die andere warzig (940/1).
Fig. 10. 11. Macroconidien auf kurzen Stielen aus einer Microconidie entstehend (540/1).
Fig. 12. Keimung von Macroconidien (540/1).
Fig. 13. Entwicklung des Myceliums aus einer Macroconidie (660/1).

Taf. II. *Hypomyces Solani*.

- Fig. 1. Entstehung von Microconidien an einem aus einer Macroconidie hervorgewachsenen Keimfaden; um Raum zu ersparen, ward ein Theil des Fadens ausgelassen (660/1).
Fig. 2. Ein Haufe von Peritheciën verschiedenen Alters, einer faulenden Kartoffel aufsitzend. (Schwach vergrößert.)
Fig. 3. Ein einzelnes Perithecium (70/1).
Fig. 4. Längsschnitt durch den Hals eines Peritheciums, w Wand, f Fäden (380/1).
Fig. 5. Zwei Fäden, ifolirt (940/1).
Fig. 6. Schläuche verschiedenen Alters (380/1).
Fig. 7. Schlauchsporen (660/1).
Fig. 8. Muthmaßliche jüngste Anlage eines Peritheciums (940/1).
Fig. 9. 10. Weitere Entwicklungsstufen der Peritheciums (940/1).
Fig. 11. Durchschnitt durch eine noch ältere Entwicklungsstufe eines Peritheciums. Die Zellwände des parenchymatischen Gewebes des Kerns sind in der Auflösung begriffen (660/1).
Fig. 12. Keimende Schlauchspore (660/1).

Fig. 13. Bildung einer Macroconidie von dem aus einer Schlauchspore hervor gewachsenen Mycelium (660/1).

Fig. 14. Zusammenhang eines Microconidien-Trägers mit einer Schlauchspore; die letztere bei a (380/1).

Taf. III. *Nectria Solani*.

- Fig. 1. Reife normale Conidien (720/1).
- Fig. 2. Desgleichen (660/1).
- Fig. 3. Längliche Conidien, vom Träger abgechnürt (660/1).
- Fig. 4. Keimende Conidien (660/1).
- Fig. 5. Weiteres Stadium der Keimung; bei c die Conidie (660/1).
- Fig. 6. Jüngste Anlagen von Conidienträgern von einem Myceliumfaden (540/1).
- Fig. 7. Ein größerer Conidienträger (660/1).
- Fig. 8. Verzweigte Conidienträger mit kurzem Podium (660/1).
- Fig. 9. Kugelförmig zusammengeballte Conidien von den einen Ebenstrauß bildenden Sterigmen eines verzweigten Trägers abgechnürt (720/1).
- Fig. 10. Stroma mit Peritheciën (schwach vergrößert).
- Fig. 11. Junge Schläuche (660/1).
- Fig. 12 a b. Aeltere Schläuche (660/1).
- Fig. 13. Reife Schlauchsporen (660/1).
- Fig. 14. 15. Keimende Schlauchsporen (660/1).
- Fig. 16. Direkte Entwicklung eines Conidienträgers aus einer Schlauchspore (380/1).

Taf. IV, Fig. 1 bis 8. *Chaetomium crispatum*.

- Fig. 1. Spiralhaar des reifen Peritheciums (380/1).
- Fig. 2. Schläuche (540/1).
- Fig. 3. Drei unreife und eine reife Schlauchspore (540/1).
- Fig. 4. Aus einer Schlauchspore tritt ein Keimbläschen hervor (540/1).
- Fig. 5. 6. Weitere Keimungs-Stadien (540/1).
- Fig. 7 a b. Corrosion an Stärkekörnern der Kartoffel durch Haustorien-artige Aeste des Myceliums (540/1).
- Fig. 8. Bildung von Conidienträgern (540/1).

Fig. 9 bis 18. *Chaetomium bostrychodes*.

- Fig. 9. Ein reifes Perithecium (150/1).
- Fig. 10. Spiralhaar des reifen Peritheciums (250/1).
- Fig. 11. Schläuche (380/1).
- Fig. 12. Schlauchsporen (660/1).
- Fig. 13. 14. Keimung der Schlauchsporen (660/1).
- Fig. 15. Quer-Commisuren zwischen verschiedenen Myceliumfäden (540/1).
- Fig. 16 a b. Modification von Mycelium-Aesten in concentrirter Nährlösung (660/1).
- Fig. 17. Zerfall eines ähnlichen Myceliumfadens (540/1).
- Fig. 18. Ein junges Perithecium (150/1).

Taf. V. *Stysanus Stemonitis*.

- Fig. 1. Gruppe von Fruchtkörpern, bei a das Hymenium noch nicht gebildet (schwach vergrößert).

- Fig. 2. Ein sehr kleiner Fruchtkörper (660/1).
- Fig. 3. Microconidien (660/1).
- Fig. 4. Keimende Micronidien (660/1).
- Fig. 5. Weiter vorgeschrittene Keimung (660/1).
- Fig. 6. Blasenförmige Auftreibungen am Mycelium (660/1).
- Fig. 7 a b. Einfache Conidienträger (660/1).
- Fig. 8 a b c. Bildung der Macroconidien (660/1).
- Fig. 9. Abgefallene Macroconidien (660/1).
- Fig. 10. Junger Fruchtkörper (660/1).
- Fig. 11. Desgleichen, weiter entwickelt (660/1).
- Fig. 12. Desgleichen, noch älter (660/1).

Taf. VI. Fig. 1 bis 11. *Stysanus capitatus*. Fig. 12 bis 14. *Pistillaria pusilla*

- Fig. 1. Fruchtkörper von *Stysanus capitatus* (schwach vergrößert).
- Fig. 2. Desgleichen gespalten.
- Fig. 3. Conidien (660/1).
- Fig. 4. Keimende Conidien, die in Verbindung treten (660/1).
- Fig. 5. Keimende Conidien (660/1).
- Fig. 6. Myceliumfaden mit Rhizoid-Aesten (940/1).
- Fig. 7. Anschwellung einzelner Zellen am Mycelium (660/1).
- Fig. 8 a b. Einfache Conidienträger (660/1).
- Fig. 9 a b. Etwas ältere Conidienträger (660/1).
- Fig. 10 a b. Jüngste Anlagen von Fruchtkörpern am Mycelium (400/1).
- Fig. 11. Junger Fruchtkörper (400/1).
- Fig. 12. Fruchtkörper von *Pistillaria* (schwach vergrößert).
- Fig. 13. Fortwachsende Spitze eines Fruchtkörpers und Entwicklung der Basidien (540/1).
- Fig. 14. Sporen tragende Basidie (540/1).

Taf. VII, Fig. 1 bis 6. *Verticillium cinnabarinum*.

- Fig. 1. Kleiner Conidienträger (540/1).
- Fig. 2. Kugelig zusammengeballte Conidien auf der Spitze eines tragendes Astes (660/1).
- Fig. 3 a. Reife Conidien (940/1).
- Fig. 3 b. Conidien aufgequollen und keimend (940/1).
- Fig. 4. Junges Keimpflänzchen (660/1).
- Fig. 5. Junger Conidienträger (660/1).
- Fig. 6. Erste Verzweigung eines jungen Conidienträgers (540/1).

Fig. 7 bis 14. Bakterien und deren Zerstörungs-Produkte.

Fig. 7. Durchschnitt durch die nassfaule Beule einer übrigens gefunden, aber mit Bakterien haltender Flüssigkeit geimpften Kartoffelknolle. a bezeichnet das gesunde Gewebe der Knolle. k die trennende Korkschicht; b das von den Bakterien in nassfaulen Brei verwandelte Gewebe. Der helle dreieitige Einschnitt bezeichnet die Größe der herausgeschnittenen Pyramide (natürliche Größe).

Fig. 8. Anfang der Corrosion eines Stärkekorns in einer nassfaulen Kartoffel (440/1).

Fig. 9 a b c. Corrosion und Auflösung von Stärkekörnern aus einer nassfaulen Kartoffel (380/1).

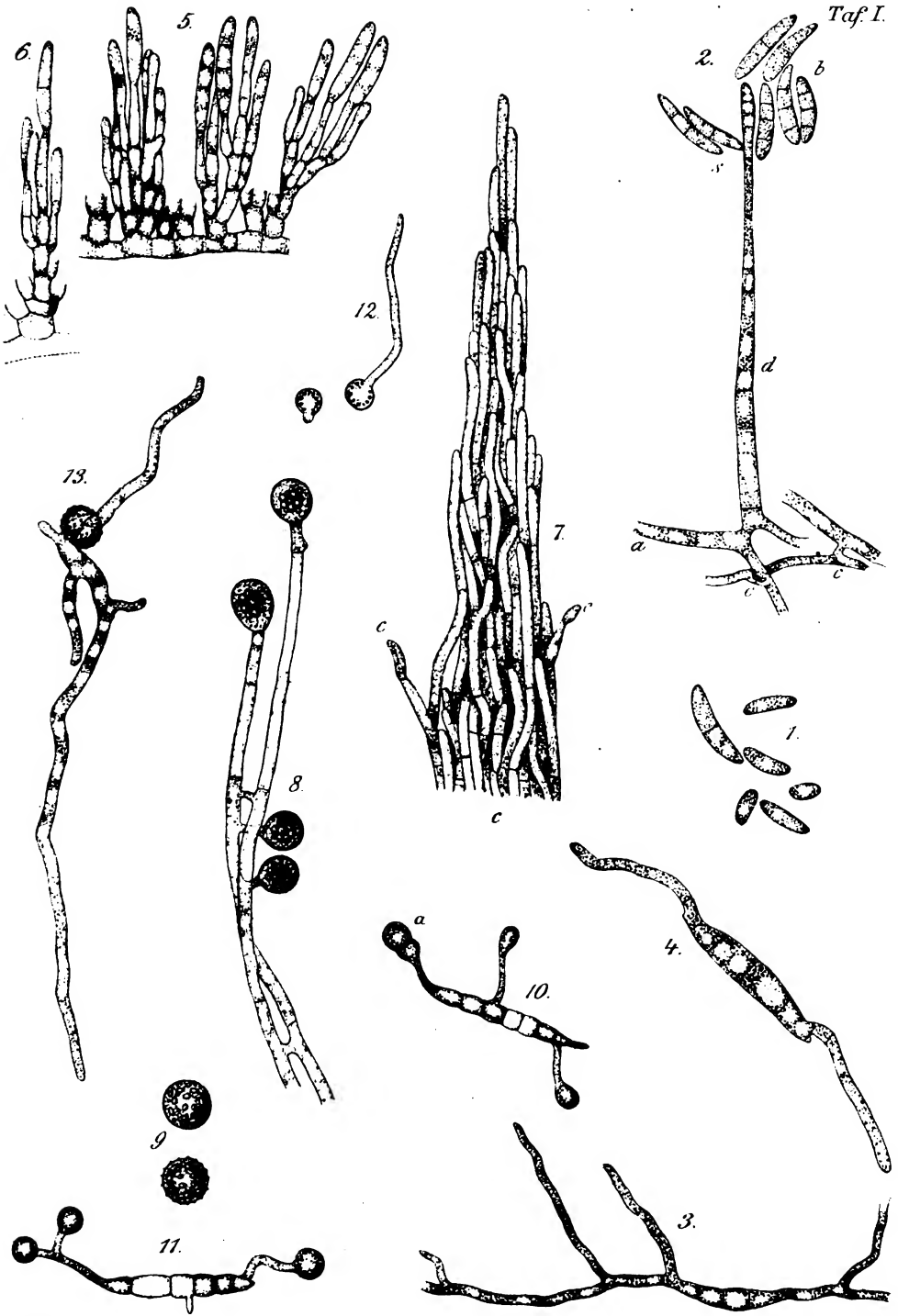
- Fig. 10. Bacterium Navicula (940/1).
Fig. 11. Bacillus subtilis (940/1).
Fig. 12 a b. Bacillus subtilis im Zustande der Vergallertung (940/1).
Fig. 13. Sarcina Solani; bei a zwei Täfelchen in der Seitenansicht (940,1).
Fig. 14 a b. Zoogloea-Form an der Oberfläche einer faulen Kartoffel.

Taf. VIII. *Verticillium albo-atrum*.

- Fig. 1. Unterirdischer Stengeltheil einer kranken Kartoffelpflanze, Form C; die bräunlichen Flecke der Rinde sind dicht vom Mycelium erfüllt (natürliche Gröfse).
Fig. 2. Parenchymzelle der Rinde mit dem Mycel von *Verticillium albo-atrum* und den sehr feinen Mycelfäden, welche nicht selten accessorisch auftreten. Form C (380/1).
Fig. 3. Mycel von *V. albo-atrum* in den Stengelgefäfsen; bei a Abfchnürung einer Conidie. Form A (380/1).
Fig. 4. Conidienträger von *V. albo-atrum*. Form C (380/1).
Fig. 5. Theil einer Baftzelle mit Mycel von *V. atro-album*, die Wandung an einzelnen Stellen durchbohrt. Form A (660/1).
Fig. 6. Junger Conidienträger. Form A (380/1).
Fig. 7. Conidienträger mittlerer Gröfse aus einem Haar des Kartoffelstengels hervortretend. Form A (380/1).
Fig. 8. Aeltere Conidienträger, deren untere Zellen braun geworden sind und zum Theil neue Septa gebildet haben. Form A (280/1).

Taf. IX, Fig. 1 bis 11. *Verticillium albo-atrum*. Fig. 12 bis 15. *Periola spec.*

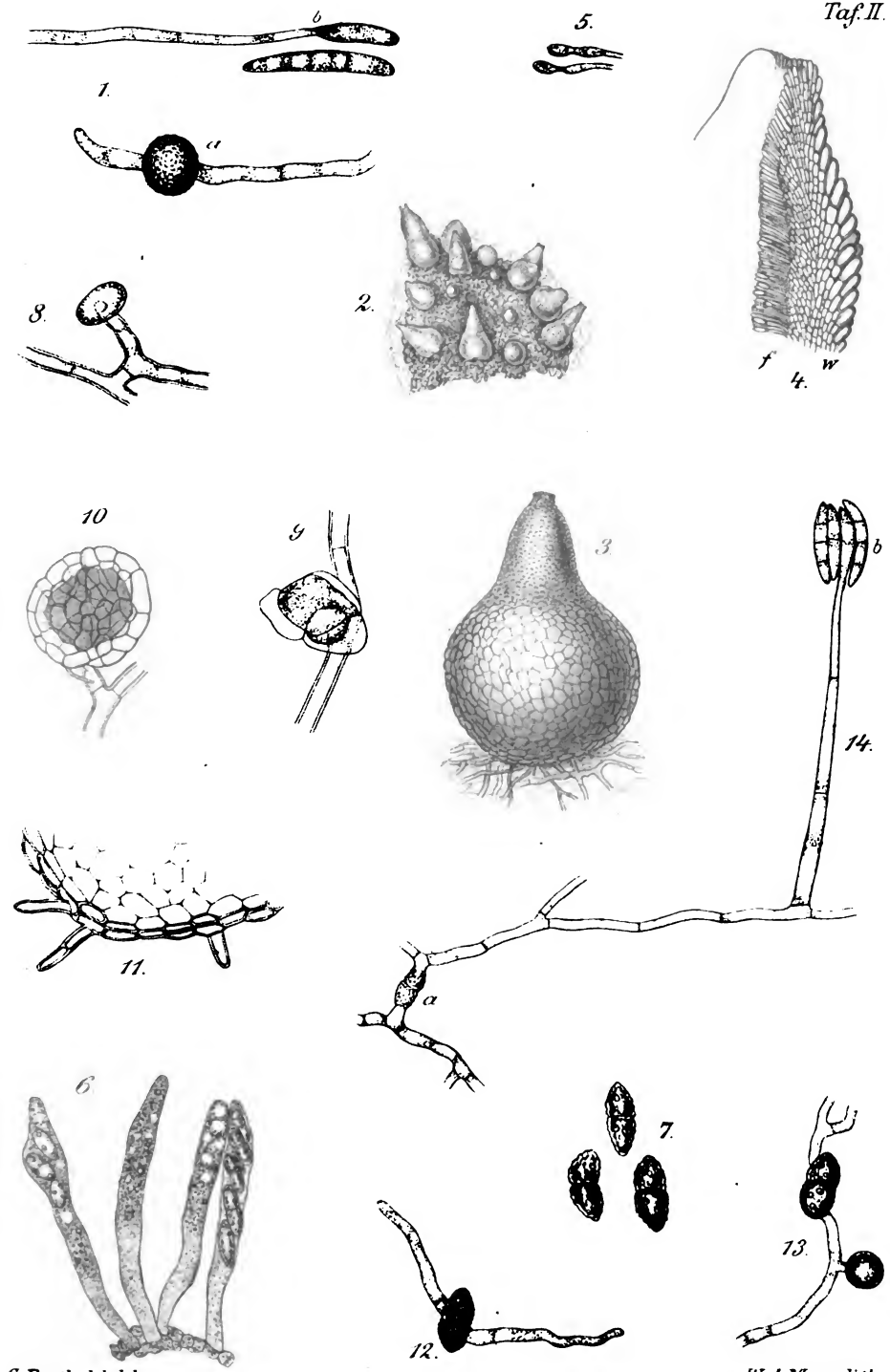
- Fig. 1. *V. atro-album*, Bildung des Dauermycels in den Zellen des faulenden Stengels Form A (380/1).
Fig. 2 u. 3. Keimende Dauerzellen (660/1).
Fig. 4. Reife Conidien von *V. atro-album* von Form B und C (940/1).
Fig. 5. Ebenfolche von Form A (940/1).
Fig. 6 und 7. Keimende Conidien von Form C (940/1).
Fig. 8. Entftchung eines Zwergconidienträgers direkt aus der Conidie (940/1).
Fig. 9. Keimende Conidien. Form A (940/1).
Fig. 10. Aeltere Keimungsftadien. Form A (660/1).
Fig. 11. Bildung von Conidien auf kurzen Seitenzweiglein an einem älteren Mycelfaden aus einem braunen Fleck des unterirdischen Stengeltheils. Form C (940/1).
Fig. 12. a reife Conidie von *Periola*, b drei andere in den ersten Keimungsftadien (940/1).
Fig. 13. Aeltere Keimungsftadien in Waſſer, Bildung brauner Körper an den Keimſchläuchen (660/1).
Fig. 14. Junges Stroma von der Seite gefehen (540/1).
Fig. 15. Junges Stroma, welches die Epidermis durchbrochen hat (540/1).



G. Berthold del.

W. A. Meyn lith.

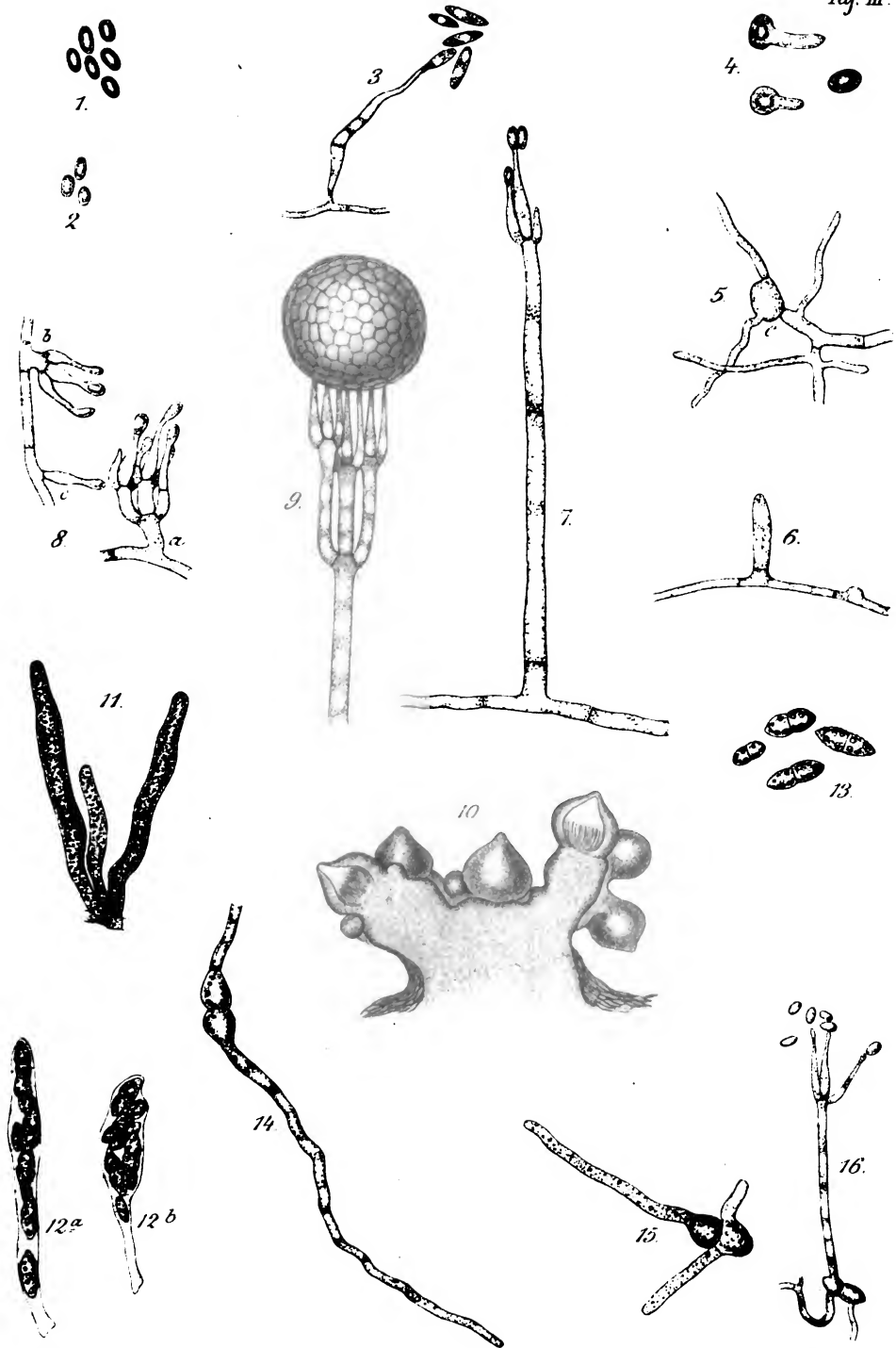
Hypomyces Solani.



G. Berthold del.

W. A. Meyn lith.

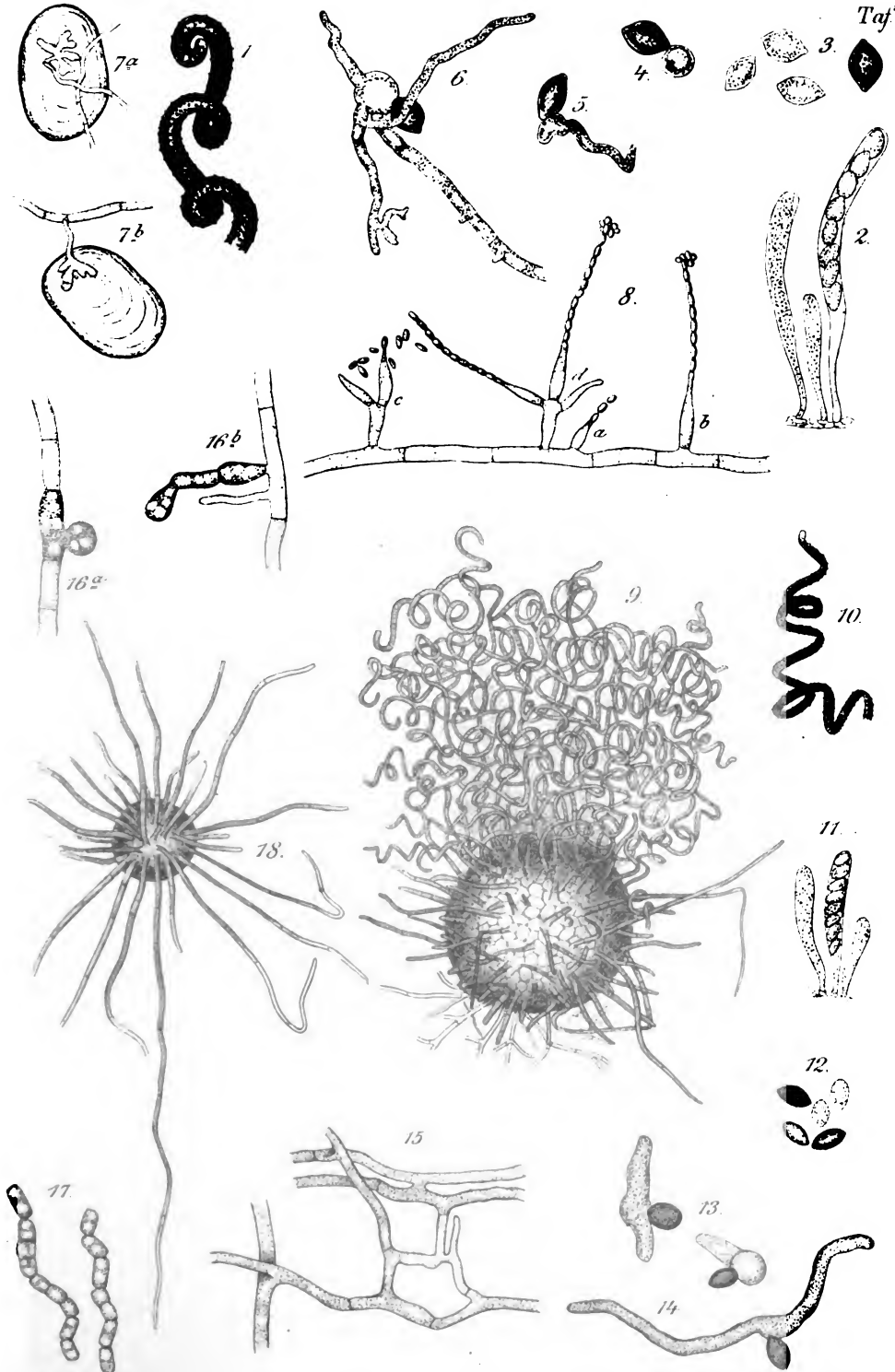
Hypomyces Solani.



G. Berthold del.

W. A. Meyn lith.

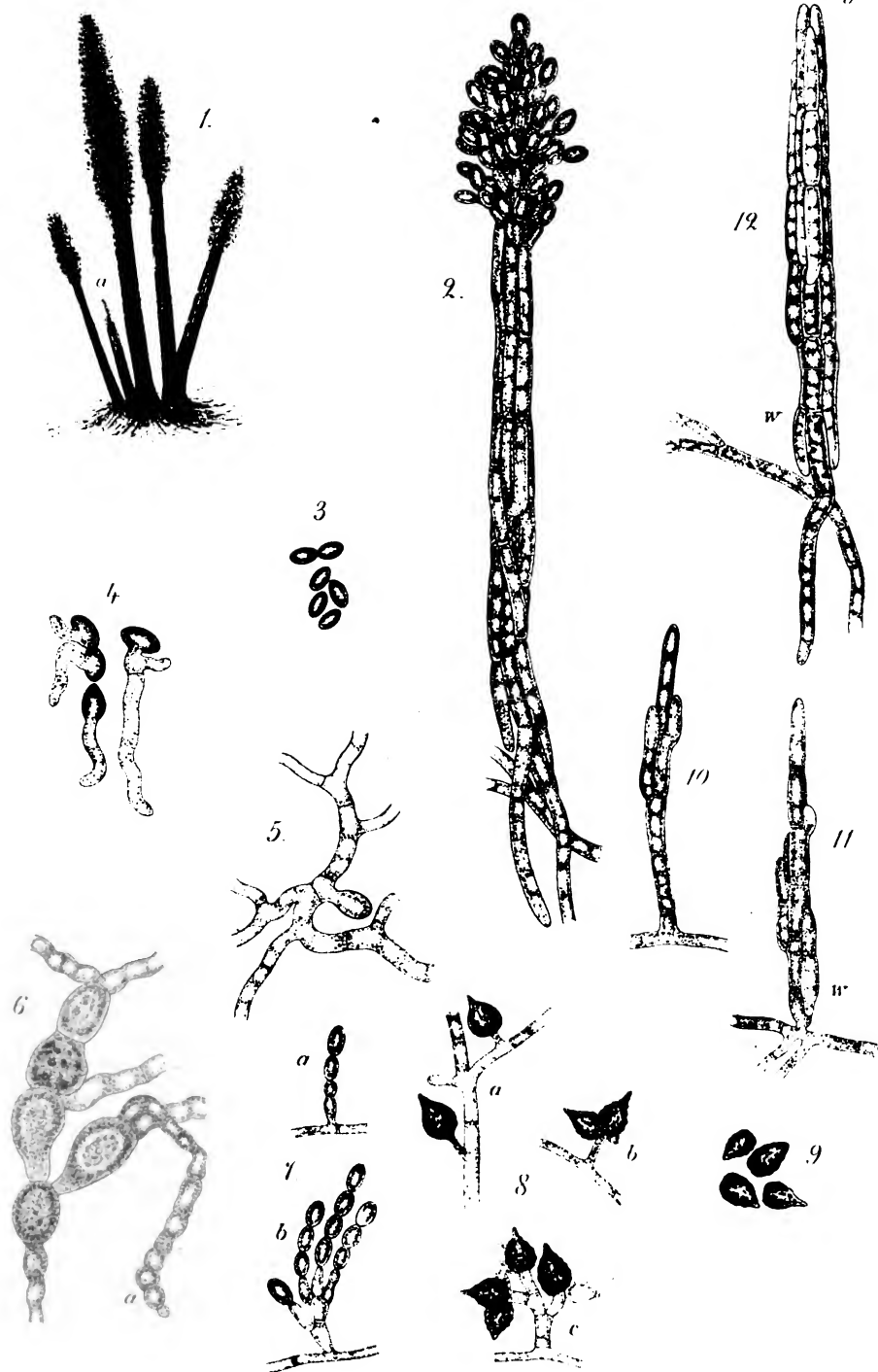
Nectria Solani.



G. Berthold del.

W.A. Meyn lith.

Fig. 1-8. *Chaetomium crispatum*.
Fig. 9-18. *Chaet. bostrychodes*.

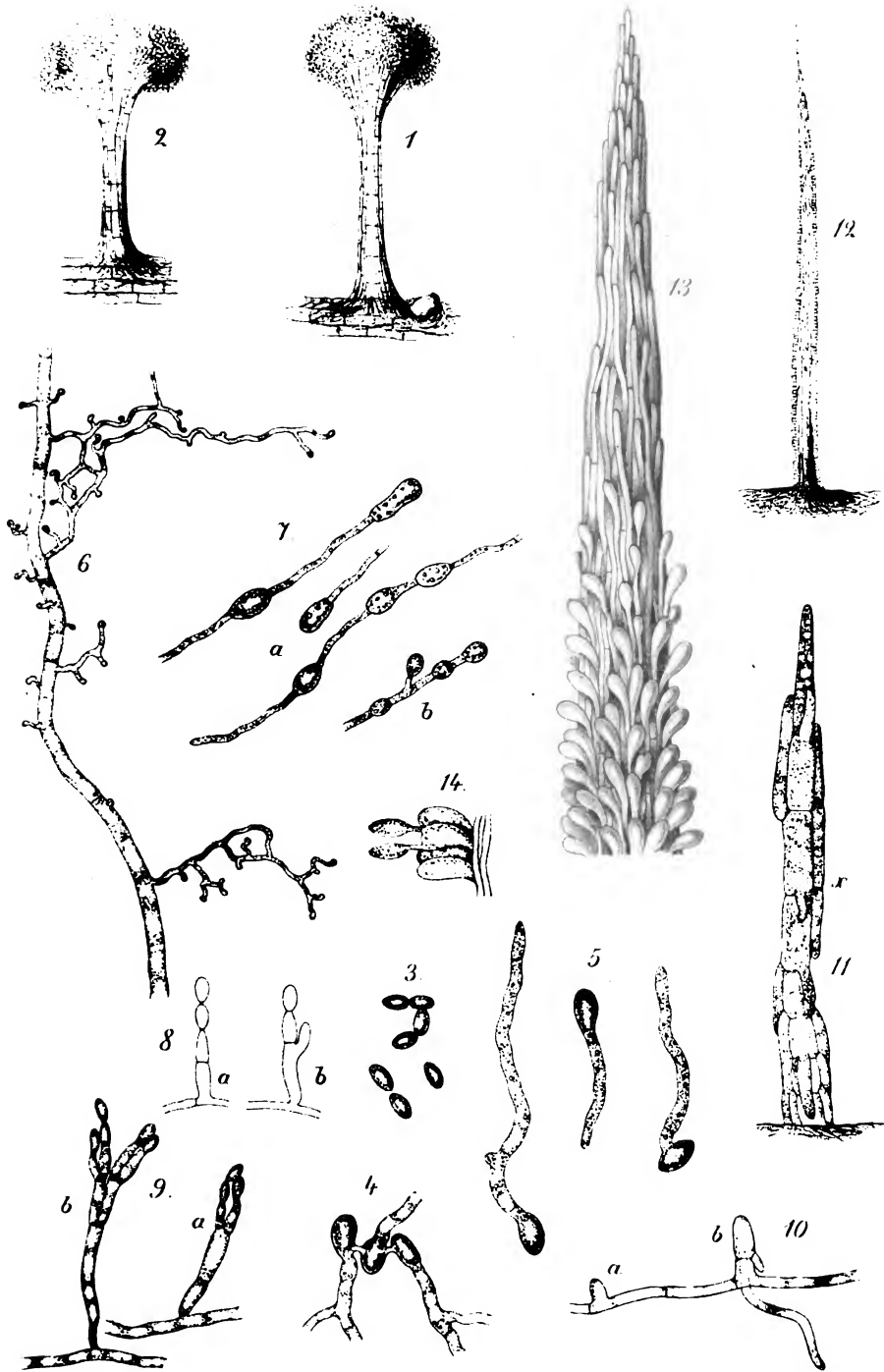


G. Berthold del.

Styranus Stemonitis

W. Meyn lith.

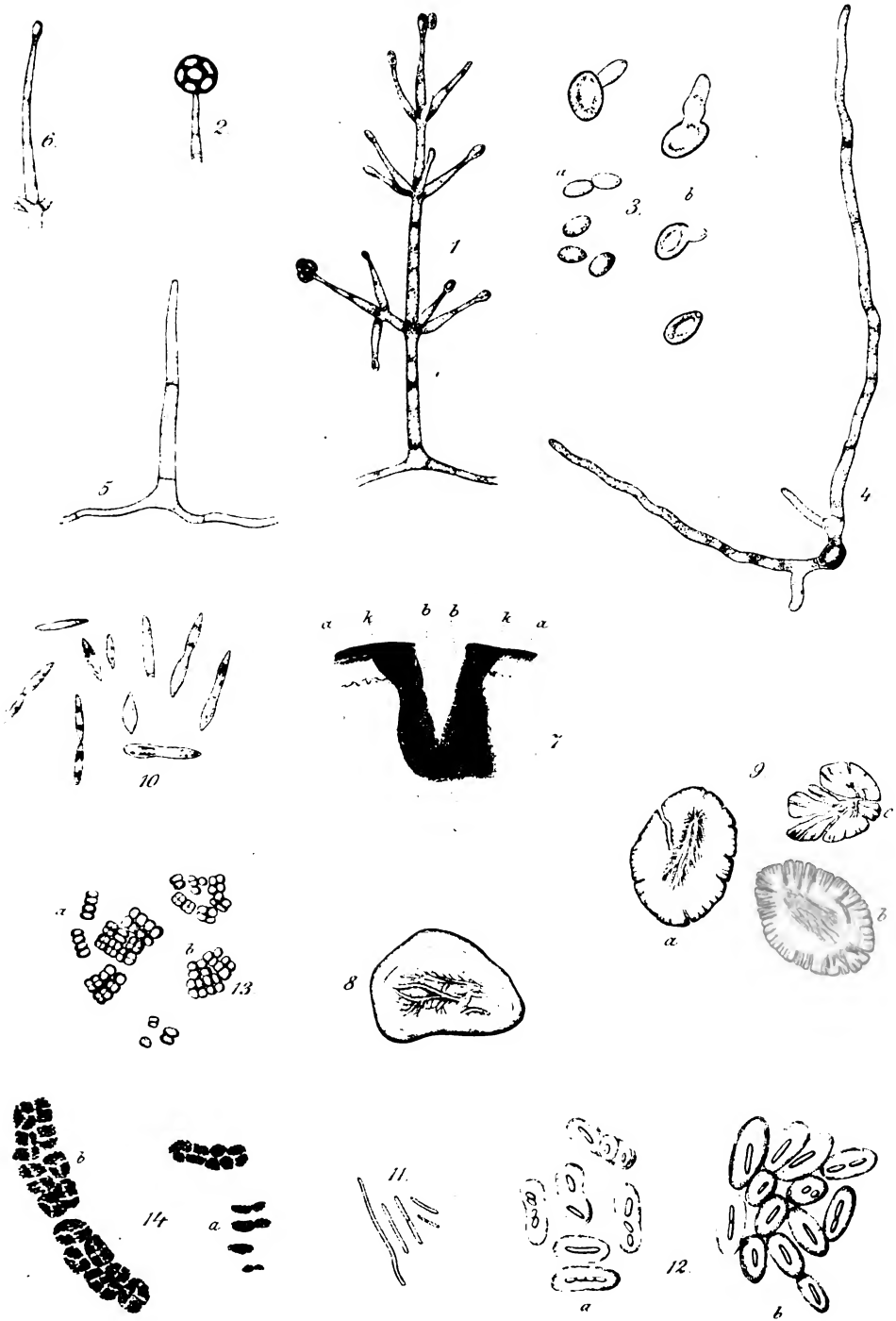
Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.



G. Berthold del.

W. A. Meyn lith.

Fig. 1-11 *Stylanus capitatus*
Fig. 12-14 *Pistillaria parvula*.

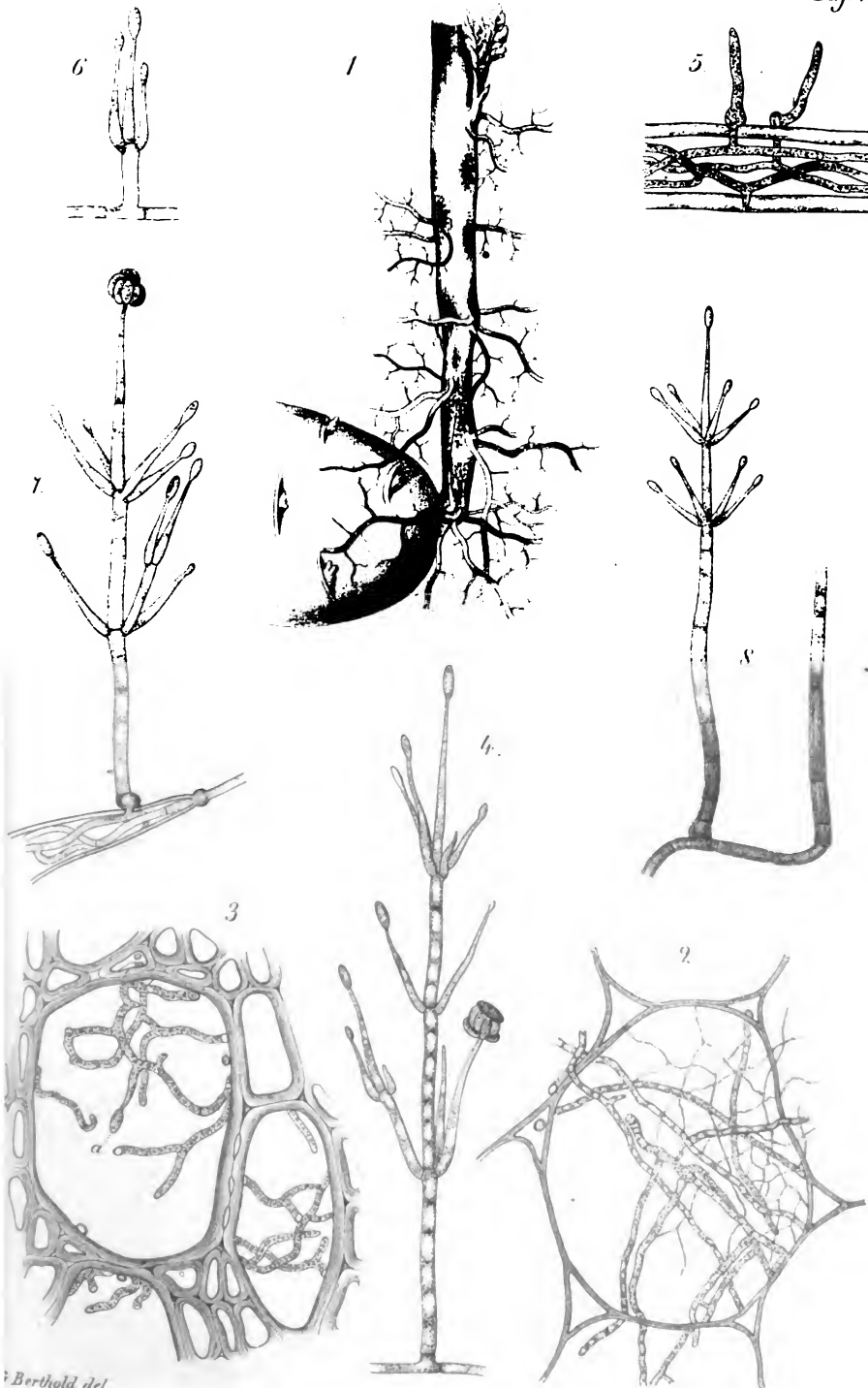


G. Berthold del.

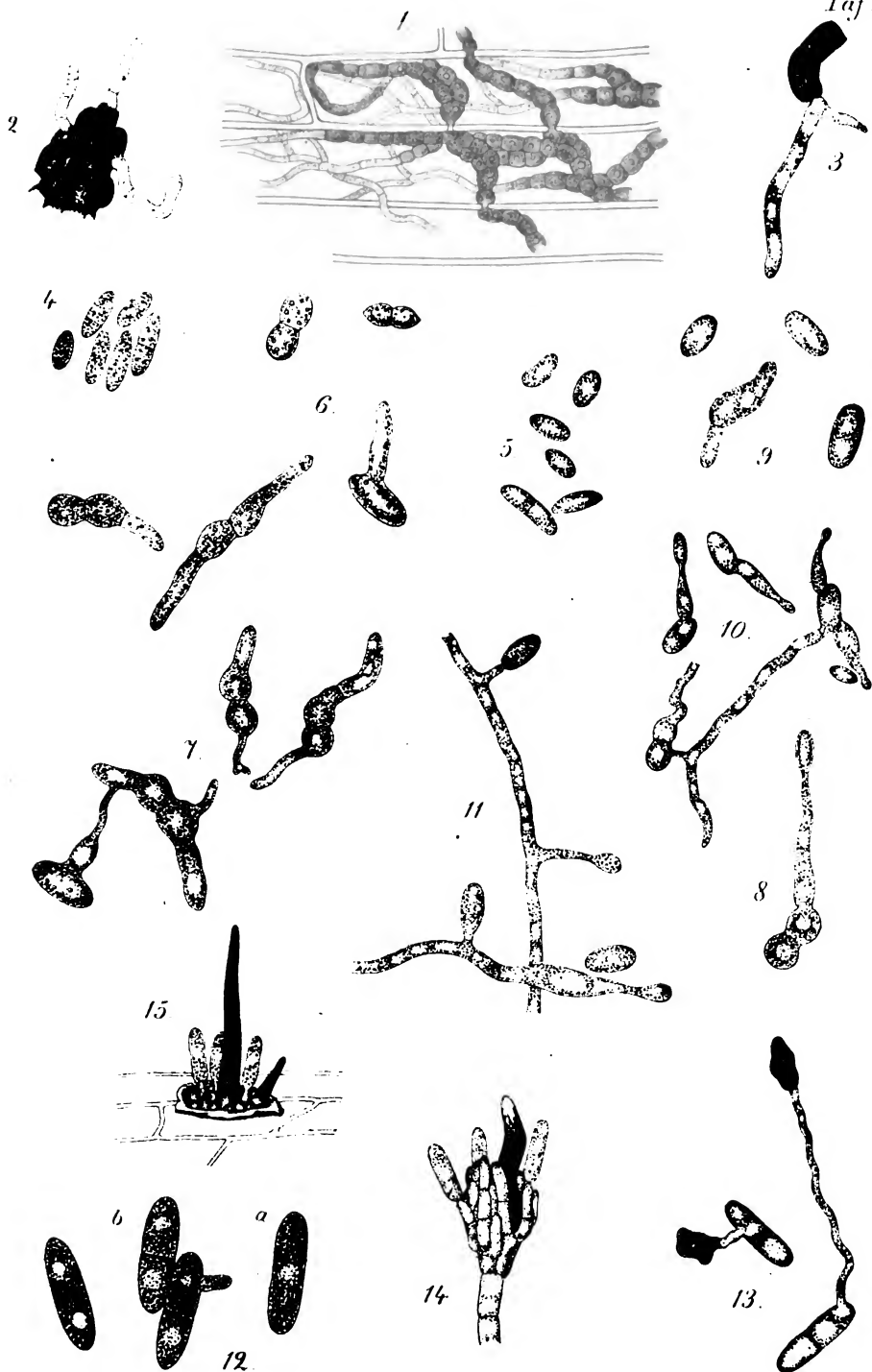
W. A. Meyn lith.

Fig 1-6 *Verticillium cinnabarinum*.
Fig 7-14. Bacterien und deren Zerstörungs Producte

Verlag von WIEGANDT HEMPEL & PAREY in Berlin.



Verticillium albo-atrum.



G. Berthold del

W A Meyn lith

Fig. 1-11 *Verticillium albo atrum*
 Fig. 12-15 *Peridola sp.*

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.

UNTERSUCHUNGEN
AUS DEM
BOTANISCHEN LABORATORIUM
DER
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.

HERAUSGEGEBEN VON
DR. J. REINKE,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.



ZWEITES HEFT.
STUDIEN ÜBER DAS PROTOPLASMA.
I — III.

BERLIN 1881.
VERLAG VON PAUL PAREY.

STUDIEN ÜBER DAS PROTOPLASMA.

I — III.

I. Die chemische Zusammensetzung des Protoplasma von
Aethalium septicum.

Von J. REINKE und H. RODEWALD.

II. Protoplasma-Probleme.

Von J. REINKE.

III. Der Proceß der Kohlenstoffassimilation im chlorophyllhaltigen
Protoplasma.

Von J. REINKE.



BERLIN 1881.
VERLAG VON PAUL PAREY.

Vorwort.

Das hiermit den Fachgenossen vorgelegte zweite Heft der »Untersuchungen« bringt den Anfang einer Reihe von Studien, welche, wie sie mir vorschweben, sich alle mehr oder weniger ausschließlich auf das Protoplasma beziehen werden.

Das Protoplasma bildet als Elementarorganismus so sehr die Grundlage des gesammten organischen Lebens, daß entscheidende Fortschritte in der Erkenntniß der Lebenserscheinungen der Materie erst zu erwarten sind nach einem viel tieferen Eindringen in die Natur des Protoplasma, als wir bisher zu verzeichnen haben; unablässig müssen wir seine physikalischen, chemischen, morphologischen und biologischen Eigenschaften studiren, um damit der Beantwortung jener großen Frage näher zu kommen, ob das Leben etwas von den physikalischen und chemischen Prozessen der anorganischen Natur fundamental Verschiedenes sei oder nicht, einer Frage, in der bis jetzt nur vom dogmatischen Standpunkt des Vorurtheils aus theils bejahend, theils verneinend geurtheilt wird.

Die bisherigen Untersuchungen über das Protoplasma beschränken sich meistens darauf, das Wenige, was sich mit dem Microskop daran beobachten läßt, zu verzeichnen. Theils sehen wir uns durch diese, obgleich sehr werthvollen, aber doch immer einseitig microskopischen Untersuchungen Räthseln gegenüber gestellt, wie den Strömungsphänomenen, theils werden wir zu Trugschlüssen geführt, wenn bei microchemischer Prüfung die Farbenreaction *einer* Substanz diejenigen anderer überdeckt und in Folge davon angenommen wird, daß das Protoplasma nur aus dieser Substanz bestehe. Die Wichtigkeit umfassenderer

Forfchungen über das Protoplasma, die in den verschiedensten Richtungen auszuführen find, kann daher nicht genug hervorgehoben werden.

So fehlt es z. B. noch ganz an einer vergleichenden physiologischen Chemie des Protoplasma, die ihrerseits wiederum einen festen, gegebenen Ausgangs- und Vergleichspunkt als Voraussetzung erfordert. Einen solchen Ausgangspunkt gewinnen zu helfen, ist das Bestreben der *ersten* in diesem Hefte enthaltenen Abhandlung; denn wir müssen zunächst unsere Studien auf ein Object richten, welches eine einigermaßen genügende Ausbeute an Substanz gewährt. *Aus diesem Grunde halte ich die eingehendste Untersuchung des Protoplasma von Aethalium septicum für eine der wichtigsten Aufgaben der physiologischen Chemie.* Dafs diese Aufgabe durch die in der Abhandlung zusammengestellten Untersuchungen keineswegs erschöpfend gelöst worden ist, wird jedem Leser klar werden, deutlicher bewußt aber ist es wohl Niemandem, als mir selbst. Ich betrachte diese Arbeit nur als eine Etappe auf dem Wege zum Ziel; der für die vorliegende Publikation eingetretene Abschluß ist ein provisorischer. Es würde auch dieser provisorische Abschluß erst am Ende des gegenwärtigen Sommers erfolgt sein — ich hatte diesen für ein spezielleres Studium der in *Aethalium* enthaltenen Eiweißstoffe bestimmt — wenn nicht mein Mitarbeiter, Herr DR. RODEWALD, durch eine Berufung nach *Kiel* schon zu Anfang März d. J. der weiteren Betheiligung an der Arbeit entzogen worden wäre; so ist der vorläufige Abschluß der Untersuchung durch diesen rein äußerlichen Umstand veranlaßt worden.

Ferner mag noch ausdrücklich die Möglichkeit zugestanden sein, dafs einige wenige der aus *Aethalium* isolirten Verbindungen als Zersetzungsproducte durch die Analyse selbst erzeugt worden sind; allein ich glaube, der Gang der analytischen Untersuchung war ein solcher, dafs für die große Mehrzahl der nachgewiesenen Körper diese Befürchtung nicht auftauchen wird.

In Bezug auf die Textredaction der *Aethalium septicum* betreffenden Abhandlung sei noch bemerkt, dafs Abschnitt I und II derselben

bis auf einige Zusätze von mir, Abschnitt III von DR. RODEWALD redigirt worden sind.

Was nun die *zweite* Abhandlung anlangt, so könnte man fragen, warum dieselbe wegen ihres allgemein gehaltenen Inhalts nicht an die Spitze der ganzen Serie von »Studien« gestellt worden ist, die ich in später folgenden Hefen fortzusetzen gedenke. Der Grund für dies Verfahren liegt darin, daß ich die Resultate der *Aethalium*-Arbeit bei meinen allgemeinen Betrachtungen schon zu benutzen wünschte. Die ganze, in dieser Abhandlung enthaltene Reihe von Betrachtungen gruppiert sich um die bereits früher von mir vertretene Auffassung*), daß das Protoplasma keine einfache Substanz ist im Sinne der Chemiker, sondern ein *Organismus* von complicirtestem Gefüge, und sucht doch Wege zu finden, um in die Composition und Dynamik seines Getriebes einzudringen.

Eine Consequenz dieser Anschauung, auf welche ich in der Abhandlung nicht einzugehen beabsichtigte, mag an dieser Stelle mit wenigen Worten angedeutet sein. Ich habe durch Versuche die Ueberzeugung gewonnen, daß ein im lebenden Zustande im Mörser fein zerriebenes Plasmodium ebenso wenig Protoplasma ist, wie eine zu feinem Pulver zerstoßene Taschenuhr noch eine Taschenuhr fein würde. Beides sind Haufwerke verschiedener Substanzen, in genau bestimmtem Mengenverhältniß mit einander gemischt; aber ebenso wenig, wie die rein physikalischen und chemischen an der Erdoberfläche wirkenden Kräfte im Stande sind, aus dem Gemenge von Messing, Stahl, Gold, Glas u. s. w. wieder eine Taschenuhr zu bilden, ebenso wenig werden sie aus dem zerriebenen Plasmodium ohne Mitwirkung eines anderen Organismus wieder Protoplasma erzeugen können, und dies würde auch dann nicht geschehen, wenn wir Eiweißstoffe, Kohlenhydrate, Säuren, Metalle u. s. w. im richtigen quantitativen Verhältniß mit Wasser mengen und dann abwarten wollten, ob daraus von selbst sich Protoplasma bilden werde. Diese Gesichtspunkte sind

*) Vgl. mein Lehrbuch der allg. Botanik. Berlin 1880. S. 48.

für mich zur Beurtheilung der theoretischen Möglichkeit einer *Generatio spontanea* von Protoplasma maßgebend.

Die *dritte* Abhandlung endlich bildet eine vorläufige Mittheilung, welche ich im nächsten Hefte dieser »Untersuchungen« ergänzen zu können hoffe.

Göttingen, Anfang Juni 1881.

Reinke.

Inhalt.

Erste Abhandlung.

Die chemische Zusammensetzung des Protoplasma von *Aethalium septicum*.

Von

J. REINKE und H. RODEWALD.

	Seite
I. Historisches und Kritisches	I
II. Gang der Untersuchung	6
1. Das Arbeitsmaterial	6
2. Reaction des Protoplasma	8
3. Aggregatzustand des lebensthätigen Protoplasma	9
4. Der Wassergehalt des Protoplasma	11
5. Die Grundstoffe der Trockensubstanz	13
6. Analyse der Asche	13
7. Elementaranalyse der organischen Substanz des Protoplasma	15
8. Die in Aether löslichen Bestandtheile des Protoplasma	16
9. Extraction mit Alkohol	25
10. Extraction mit Wasser, — Kohlenhydrate	30
11. Specielle Prüfung auf Ammoniak, Amidofäureamide und Amidofäuren	36
12. Säuren, sofern sie nicht mit Aether extrahirt wurden	39
13. Farbstoffe	43
14. Der Bleieffigniederschlag des wässrigen Auszuges	44
15. Specielle Prüfung auf die Verbindungen der Sarkingruppe	47
16. Prüfung auf Eiweißstoffe, Nuclein, Pepsin	48
17. Zusammenstellung der wichtigeren Ergebnisse	52
III. Analytische Belege	55
1. Aschenanalysen	55
2. Elementaranalyse der organischen Substanz des Protoplasma	60
3. Aetherextract	60
4. Wasserextract	62
5. Ammoniak, Amidofäuren und Amidofäureamide	64
6. Säuren	65
7. Bleieffigniederschlag	66
8. Eiweißstoffe	67
Anhang. Ueber Paracholesterin aus <i>Aethalium septicum</i>	70

Zweite Abhandlung.

Protoplasma-Probleme.

Von

J. REINKE.

	Seite
Einleitung	79
I. Der Begriff des Protoplasma	85
II. Die Hauptaufgaben der vergleichenden physiologischen Chemie des Protoplasma	100
III. Die fundamentalen Functionen des Chemismus im Protoplasma	111
IV. Dynamik der Stoffwechselproccsse im Protoplasma	124
V. Die Stoffwechselproducte von Aethalium septicum	140
1. Excurs über die chemische Zusammensetzung der Lohe	145
2. Organische Phosphorverbindungen	149
a) Lecithin	149
b) Nuclein	152
3. Eiweißstoffe und Fermente	152
a) Die Globuline	158
b) Pepton	159
c) Plastin	159
d) Peptin	161
4. Farbstoffe	162
5. Stickstoffhaltige Spaltungsproducte der Eiweißkörper	162
a) Peptonoide Substanz	163
b) Verbindungen der Sarkingruppe	164
c) Säureamide	166
d) Amidofäuren	167
e) Ammoniakverbindungen	168
6. Kohlenhydrate	169
a) Glycogen	169
b) Aethaliumzucker	170
7. Fette und Säuren	170
a) Oelfäure	172
b) Feste Fettsäuren	173
c) Flüchtige Fettsäuren	173
d) Oxalsäure	175
e) Milchsäure	175
f) Kohlenfäure	177
8. Alkohole	177
a) Cholesterin und Paracholesterin	176
b) Glycerin	179
9. Harz und Terpen	180
10. Die Aschenbestandtheile	182

Dritte Abhandlung.

Der Process der Kohlenstoffassimilation im chlorophyllhaltigen Protoplasma. Von J. REINKE	187
--	-----

I.

Die chemische Zusammensetzung
des
Protoplasma von *Aethalium septicum*.

Von

J. Reinke und H. Rodewald.

I.

Die chemische Zusammensetzung der Protoplasma von *Aethalium septicum*.

Von

J. Reinke und H. Rodewald.

I. Historisches und Kritisches.

Der merkwürdige und so auffallend rapide sich vollziehende Entwicklungsgang von *Aethalium septicum* hat nicht nur frühzeitig das Interesse des descriptiven Morphologen*) rege gemacht, sondern auch den physiologischen Chemiker zu einer analytischen Untersuchung dieses feltfamen Schleimpilzes herausgefordert. In seinen noch heute nicht werthlosen im Jahre 1811 veröffentlichten *Recherches analytiques sur la nature des champignons* hat BRACONNOT auch eine Untersuchung über die chemische Zusammenfetzung von *Aethalium septicum* mitgetheilt**). BRACONNOT beginnt feine Darlegung mit einer kurzen Beschreibung des Pilzes, worin er hervorhebt, daß derfelbe anfänglich «une matière écumeuse comme effleurie de belle couleur jaune mat» darstelle, nach 24 Stunden jedoch sich zu einer Art von Kuchen verdichte, der auf einer consistenteren Schicht als Unterlage ruhend im Innern ein mit Fäden untermischtes schwarzbraunes Pulver enthalte, welches von einer hellen dicken Kalkkruste bedeckt werde. Obgleich der Autor selbst das Uebereinstimmende im Verhalten der durch Wasser schwer benetzbaren Sporen von *Aethalium* mit dem *Lycopodium*-Pulver hervorhebt, so sieht er sich doch trotz der schönen

*) MICHELI, Nova plantarum genera. Florenz 1729. S. 216.

***) Annales de chimie. Band 80. S. 283.

Unterfuchungen MICHELI'S veranlaßt, die Sporennatur des Pulvers in Zweifel zu ziehen und den Fruchtkuchen, auf eine sehr unvollkommene chemifche Unterfuchung geftützt, für den abgeftorbenen Zuftand des Pilzes zu halten, welcher in feinen chemifchen Eigenfchaften fich wie eine humificirte Düngererde verhalte.

Um fo mehr Intereffe gewährt BRACONNOT'S Analyfe des frifchen, protoplasmatischen Zuftandes von *Aethalium*. Er fand in demfelben eine fchwammige, fein zertheilte Subftanz und eine ganz auffallend groſſe Quantität von kohlenfaurem Kalk. Freie Säuren wurden nicht beobachtet, wohl aber Phosphorſäure und Eſſigſäure in gebundenem Zuftande; die Eſſigſäure ward durch Deftillation mit Phosphorſäure gewonnen. Ammoniakverbindungen follten fehlen. An kaltes Waſſer gibt die Subftanz eine gelbliche Löſung ab, welche durch Tannin und eine Reihe anderer Reagentien gefällt wird, was das Vorhandenſein einer « *matière animale* » andeute. Beim Kochen coagulirt dieſe Löſung in Flocken: Albumin. Wird die Subftanz erſt getrocknet, dann mit lauwarmem Waſſer digerirt und die entſtandene Löſung eingedunſtet, ſo erhält man ein hygroſcopiſches, unangenehm ſchmeckendes Reſiduum. Daſſelbe löſt ſich bis auf einen geringen Rückſtand in wenig Waſſer, in der Löſung bringt Tannin einen dicken Niederſchlag hervor, was abermals eine « *matière animale* » bezeichnen ſoll. Ein Theil der vom Waſſer gelöſten Subſtanz hinterlieſſ beim Verbrennen Kaliumcarbonat.

Zwanzig Gramm getrockneten Protoplasmas lieferten 5,5 g Aſche, welche faſt ganz aus Calciumcarbonat beſtand, mit wenig Calciumphosphat und Kaliumcarbonat.

Ward die Subſtanz mit ſiedendem Alkohol behandelt, ſo färbte der letztere ſich goldgelb, um beim Erkalten ein pulveriges Sediment von gelblicher Farbe fallen zu laſſen. Wenn man die mit Alkohol behandelte Maſſe mit Waſſer auskochte, ſo ging darin ebenfalls noch gelbliche Subſtanz in Löſung und fiel beim Erkalten theilweiſe aus. Ward zu dieſer Löſung etwas Alaun geſetzt, ſo nahm darin gekochte Wolle und Seide eine ſehr ſchöne gelbe, im Sonnenlichte aber nicht ſehr beſtändige Farbe an.

Wenn das Protoplasma nach der Behandlung mit Alkohol und Wasser mit verdünnter Kalilauge digerirt wurde, so erhielt man eine braungelbe Flüssigkeit, aus welcher Säuren einen sich in Klumpen ballenden Niederschlag von rother Farbe hervorbrachten, während die Lösung nahezu entfärbt wurde. Dieser Niederschlag getrocknet und erhitzt, schmilzt, bläht sich auf und entzündet sich schliesslich wie ein Harz oder Fett. Mit Salpetersäure behandelt liefert die gleiche Substanz eine talgartige Schmiere, eine ziemlich grosse Quantität goldgelber Krystalle eines bitteren detonirenden Körpers und Prismen von Oxalsäure.

Aus diesem Referate geht hervor, dass BRACONNOT eine Reihe der das Protoplasma von *Aethalium* zusammensetzenden Verbindungen richtig festgestellt hat, so namentlich den grossen Gehalt an Calciumcarbonat, das Kalium, die Phosphorsäure und Essigsäure, einen löslichen Eiweissstoff. Von Interesse ist auch seine in siedendem Wasser gelöste *matière animale*, welche in allen seinen Pilzanalysen wiederkehrt, und welche unzweifelhaft mit der von uns in der Folge als Pepton aufgefassen Verbindung identisch ist. Dagegen ist sein alkoholischer Auszug ein Gemenge von Fetten, Seifen, Cholesterin, Harz und Calciumsalzen. Unrichtig ist seine Angabe vom Fehlen der Ammoniakverbindungen.

Ist somit die durch BRACONNOT'S Untersuchung gewonnene Kenntniss des Protoplasma von *Aethalium* noch eine dürftige, so darf doch nicht vergessen werden, dass die Methoden der physiologisch-chemischen Analyse zu jener Zeit höchst unvollkommen waren, und wir haben um so weniger unterlassen wollen, über die Arbeit dieses Forschers hier ausführlich zu berichten, als nach Erscheinen derselben ein halbes Jahrhundert verflossen ist, ohne dass unsere Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Protoplasma von *Aethalium* einen Zuwachs erfahren hätte.

Auch in den bezüglichen Schriften von DE BARY*) wird nur

*) Die Mycetozen, Leipzig 1864. — Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig 1866. S. 295 ff.

auf den Eiweißgehalt desselben hingewiesen. Dagegen finden sich in den genannten Arbeiten Notizen über die stoffliche Beschaffenheit der Membranen von Sporangium, Capillitium und Sporen, wonach sich dieselben den «incrustirten oder cuticularisirten pflanzlichen Cellulosehäuten im Allgemeinen ähnlich» verhalten sollen. Diese Membranen sind quellbar in concentrirten Säuren und Alkalien; bei den meisten Schleimpilzen tritt bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure keine Blaufärbung derselben ein, wohl aber an den Sporen von *Arcyria*, *Trichia* und *Lycogala*, ebenso zeigen die Membranen der Sclerotien bei *Aethalium* und *Didymium Serpula* die Blaufärbung durch Chlorzinkjodlösung oder Jod mit Schwefelsäure. Wenn jedoch DE BARY aus dieser Blaufärbung das Vorhandensein von Cellulose folgert, so steht damit die weitere Angabe im Widerspruch, daß die durch Jod und Schwefelsäure blau werdenden Membranen in Kupferoxydammoniak keine merkliche Veränderung zeigten;*) nur die Zellen im Stiel von *Arcyria cinerea* quollen oder lösten sich langsam in dieser Flüssigkeit. Bekanntlich ist aber die Löslichkeit in Kupferoxydammoniak ein entscheidenderes Reagens auf Cellulose, als die Blaufärbung mit Jod und Schwefelsäure; denn dieses letztere Verhalten theilt die Cellulose mit einem festen, im thierischen Körper vorkommenden Eiweißstoffe, der sogenannten Amyloidsubstanz, welcher ebenfalls durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird**). Jedenfalls ist ein Beweis für die Cellulosenatur der Sporenmembranen und der Zellwände in den Sclerotien der Myxomyceten noch nicht erbracht.

Weiterhin hat HOFMEISTER***) den Wassergehalt des Protoplasma von *Aethalium septicum* untersucht und zu 70 pCt. bestimmt.

Eine wichtige Mittheilung über einen Bestandtheil des Protoplasma von *Aethalium* verdanken wir W. KÜHNE†). Derselbe entdeckte in diesem Schleimpilze einen reichlichen Gehalt an Glycogen und über-

*) Mycetozoen, S. 78.

**) Vgl. GORUP-BESANEZ, Lehrbuch der physiologischen Chemie. 4. Aufl. S. 125.

***) Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867. S. 2.

†) Lehrbuch der physiologischen Chemie. Leipzig 1868. S. 334.

zeugte sich von der Identität desselben mit dem Glycogen der Leber und des Fötus höherer Thiere.

Ferner hat MÜNTZ*) bei der Extraction der Fruchtkörper von *Aethalium* durch siedenden Alkohol eine leicht krySTALLisirende Substanz in reichlicher Menge erhalten, welche derselbe für *Trehalose* erklärt und mit der Mycose anderer Pilze, z. B. der *Amanita muscaria*, identificirt haben will. Diese Angabe ist unrichtig. Wenn man die reifen Fruchtkörper von *Aethalium* mit verdünntem, siedendem Alkohol auszieht, so scheiden sich beim Erkalten der Lösung allerdings schöne KrySTALLE in reichlicher Menge aus, welche sich als schwerlöslich in heißem Alkohol, als leicht löslich in heißem Wasser erweisen. Hat man diese KrySTALLE jedoch durch wiederholtes UmkrySTALLisiren mit Wasser vollkommen gereinigt und untersucht dieselben auf optisches Drehungsvermögen, so zeigt sich, daß diese Substanz auch in concentrirter Lösung die Ebene des polarisirten Lichtes nicht abzulenken vermag. Da nun eine weitere einfache Prüfung in diesen KrySTALLen einen bedeutenden Stickstoffgehalt anzeigt, so haben wir es offenbar mit keinem Kohlenhydrat, am allerwenigsten mit Mycose oder *Trehalose* zu thun. In der That läßt sich die Verbindung, auf welche allein die Angaben von MÜNTZ Bezug haben können, leicht als *Asparagin* bestimmen.

Demnächst erschien eine Mittheilung von KRUKENBERG**), worin derselbe seine Entdeckung eines peptonisirenden Fermentes im Protoplasma von *Aethalium* bekannt machte, und nebenbei mittheilte, daß durch KÜHNE die Abwesenheit von Diastase und Trypsin darin constatirt worden sein. Außerdem wird durch KRUKENBERG zuerst die alkalische Reaction des Protoplasma von *Aethalium* hervorgehoben.

In neuester Zeit ist noch durch O. LOEW***) eine Notiz über den Aetherextract der Sporen von *Aethalium* veröffentlicht worden, wo-

*) *Comptes rendus* 1874. S. 1184.

**) KRUKENBERG, Unterf. a. d. Physiol. Inst. d. Univ. Heidelb. Bd. II. S. 273. 1878.

***) PFLÜGER'S Archiv, Jahrg. 1880. Bd. 22, S. 64.

nach es diesem Forscher gelang, durch Barytwasser Glycerinphosphorsäure daraus abzufcheiden. Aus dem Phosphorgehalt des Aetherextractes berechnet LOEW einen Gehalt von 0,017 pCt. Lecithin für die Sporen von *Aethalium*. Gleichzeitig mit dieser letzteren Mittheilung haben auch wir auf das Vorkommen von Lecithin im Protoplasma von *Aethalium* hingewiesen*).

Endlich haben wir noch im October 1880 eine vorläufige Zusammenstellung der von uns in *Aethalium septicum* beobachteten Substanzen als Manuskript gedruckt veröffentlicht. Da diese Mittheilung in verschiedenen Zeitschriften abgedruckt worden ist, so mag dieselbe an dieser Stelle noch Erwähnung finden; gleichzeitig sei aber hervorgehoben, daß die gedachte Zusammenstellung eine nur lückenhafte war.

II. Gang der Untersuchung.

1. Das Arbeitsmaterial.

In zwei Formen bietet das lebende Protoplasma von *Aethalium septicum* sich der chemischen Verarbeitung dar: im ruhenden Zustande als Inhalt der Sporen, im lebsthätigen Zustande, d. h. in voller Stoffwechsel-Bewegung begriffen, als junger, eben aus den Plasmodien geformter Fruchtkörper. Ein drittes Entwicklungsstadium würde in den Sclerotien zur Verfügung stehn, wenn sich dieselben in genügender Quantität beschaffen ließen; da dieses aber auf Schwierigkeiten stößt, so werden dieselben nur für vereinzelte Prüfungen in Frage kommen können. Die noch assimilirenden Plasmodien selbst sind der analytischen Untersuchung bis jetzt leider unzugänglich, weil ihre dünnen, netzartig anastomosirenden Stränge sich derartig mit den Loheftücken verflechten, zwischen welchen der Schleimpilz vegetirt,

*) Vgl. REINKE, Lehrb. der allgemeinen Botanik. Berlin 1880. S. 47.

daß sie sich von diesen in hinreichender Quantität nicht sondern lassen; eine Cultur auf künstlichen Substraten, z. B. auf Fliespapier und auf porösen Thonplatten, welche mit Lohedecoct getränkt waren, hat bis jetzt zu keinem Ergebniss geführt. Am ehesten dürfte es gelingen, lebsthätiges Protoplasma in Gestalt ganz junger Plasmodien und Schwärmer rein zu gewinnen, indem man grössere Quantitäten von Sporen in geeigneter Weise zur Keimung bringt. Diese Form des Protoplasma konnte bis jetzt aber nur in sehr geringem Umfange untersucht werden, weil es an Material dafür gebrach; sie dürfte aber für eine spätere monographische Bearbeitung der einzelnen Stoffwechsel-Processe besonders deshalb von Wichtigkeit werden, weil in diesen jungen, nur durch Wasser aus den Sporen hervorgelockten Plasmodien das Protoplasma in den Zustand der Inanition, des Hungerns, versetzt werden kann, wo es die in den Sporen deponirten Reservestoffe aufgezehrt hat, und nun die Producte seiner regressiven Stoffmetamorphose anhäuft, weil ihm durch Vorenthaltung von Nährstoffen die Möglichkeit entzogen wird, dieselben wieder zu den eigentlich constituirenden Plasma-Bestandtheilen zu ergänzen.

Die Analyse des ruhenden Protoplasma der Sporen unterliegt den ungünstigen Bedingungen des in Zellwände eingekapfelten Protoplasma in besonders hohem Grade, weil diese Zellen sehr klein sind, ihre Wände relativ derb und von geringer Permeabilität. Auf Colloidsubstanzen, z. B. Eiweissstoffe, colloidale Kohlenhydrate u. s. w. kann daher der Sporenhalt garnicht geprüft werden; es kann freilich dieser Umstand in solchen Fällen zum Vortheil reichen, wo es darauf ankommt, die leicht diffundirenden Substanzen von den Colloiden zu trennen, und wo dann die Zellwände als natürliche Dialysatoren wirken.

Um so mehr eignen sich die jungen, noch nicht erfarnten Fruchtkörper als Untersuchungs-Material. Wenn man grössere Massen von Lohe, in welchen die Plasmodien von *Aethalium* vegetiren, persönlich überwacht, so kann man die dicken, soliden Plasmamassen, welche an ihrer Oberfläche sich bilden, zu den verschiedenen Zeiten ihrer Ent-

wicklung in Arbeit nehmen. Auf diese Form des Protoplasma beziehen sich die nachfolgend mitgetheilten Untersuchungen beinahe ausschliesslich und überall dort, wo nicht ausdrücklich bemerkt wird, dafs Sporen als Material benutzt wurden.

Unter allen Umständen durfte nur Protoplasma in Arbeit genommen werden, welches keinerlei Spuren des Abgestorbenseins und der Zersetzung zeigte. Auf eine ganze Reihe zum Theil der wichtigsten Stoffe durfte ferner nur ganz frisches, eben dem Lohehaufen entnommenes Protoplasma geprüft werden, um leicht veränderliche Stoffe womöglich in der Form bestimmen zu können, welche dieselben im wirklich lebenden Protoplasma befaßen. Solche Verbindungen dagegen, deren Zersetzung und Umbildung nicht zu befürchten war, wurden aus *conservirtem* Protoplasma zu isoliren versucht. Die Conservierungsmethode bestand darin, dafs das frische Protoplasma, von anhaftenden Lohestücken möglichst befreit, in grofse, mit absolutem Alkohol angefüllte, verschließbare Sammelgefäße eingelegt ward. Sobald ein gewisser Vorrath beisammen war, wurde die alkoholische Flüssigkeit abgegossen und in einer Porzellanfchaale auf dem Wasserbade eingedunstet, die somit concentrirt gewordene Lösung wieder über die im Alkohol sehr hart gewordenen schwammigen Protoplasma stücke gegossen; diese wurden dann zerkleinert und in einem durch Wasserdampf geheizten Trockenschranke bei einer Temperatur von 80—90° getrocknet. Die getrocknete, sehr spröde Masse wurde im Porzellanmörser fein zerrieben, das gelblich graue Pulver von einigen darin restingenden Lohefasern abgesiebt und in wohlverschlossenen Glasgefäßen trocken aufbewahrt.

Beim Zerreiben im Mörser wird das trockene Protoplasma stark negativ elektrisch, eine Erscheinung, welche sich nach der Extraction mit Aether und Alcohol verliert.

2. Reaction des Protoplasma.

Das lebende Protoplasma sowohl junger Fruchtkörper, als auch der dünnen, in der Lohe vegetirenden und affimilirenden Plasmodium-

Stränge reagirt stets deutlich alkalisch. Dazu entwickelt dasselbe einen intensiv laugenartigen Geruch, welcher sich auch beim Trocknen nicht verliert. Bringt man in die Atmosphäre eines verschlossenen Glasgefäßes, worin sich etwas von dem oben beschriebenen trockenen Protoplasma-Pulver befindet, einen Streifen von angefeuchtetem rothen Lacmuspapier, so ist derselbe nach kurzer Zeit gebläut. Hierdurch giebt sich die Anwesenheit von *Ammoniak* oder *Ammoniumcarbonat* zu erkennen, und durch das Vorhandensein dieser flüchtigen Base wird die alkalische Reaction des lebenden Protoplasma hinlänglich erklärt. Der charakteristische Geruch, welchen das frische Protoplasma von *Aethalium* besitzt, wird vorwiegend durch eine flüchtige Substanz hervorgerufen, welche sich leicht in Alkohol löst und auf die wir später zurückkommen werden.

3. Aggregatzustand des lebsthätigen Protoplasma.

Eine Portion frisches Protoplasma von breiartiger Consistenz im Gewicht von 179 g ward in starke, aber engmaßchige Pressleinwand eingeschlagen, und gelang es zunächst mit der Hand davon 58 g einer trüben gelblichen Flüssigkeit abzapressen; durch den mehr als 4000 kg betragenden Druck einer sehr kräftigen Presse wurden weitere 62 g Flüssigkeit daraus gewonnen, während der Pressrückstand aus einem dünnen, festen und ziemlich trockenen Kuchen bestand. Dies macht im Ganzen 120 g Flüssigkeit oder 66,7 pCt. vom Gewicht der ganzen Masse.

Das lebende Protoplasma besteht also seinem Gewichte nach zu zwei Drittheilen aus einer abpreßbaren Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht zu 1,209 bestimmt wurde, und zu einem Drittheil aus fester, ungelöster Substanz. Wir können diese letztere als die *Gerüstsubstanz des Protoplasma*, die abpreßbare Flüssigkeit nach dem Vorgange von HANSTEIN*) als *Enchylema* bezeichnen.

Gerüstsubstanz und Enchylema bilden ein inniges Gemenge mit einander, wobei jedoch die Gerüstsubstanz keineswegs etwa aus lauter

*) Vergl. J. v. HANSTEIN, „Das Protoplasma“, S. 39.

kleinen, gefonderten Partikeln besteht, wie die rothen Blutkörperchen im Blute, oder die Fettkügelchen in der Milch, sondern es ergeben sich hinreichende Anhaltspunkte für die Annahme, daß dieselbe einerseits die oberflächliche Hautschicht des Plasmaleibes darstellt, andererseits aber diesen letzteren nach allen Richtungen als ein festes, aber doch plastisches und contractiles Continuum durchsetzt in netzartigen Anaftomosen. Es dürfte dieses Gerüst, dessen Maschen wegen der Plasticität der Masse unausgesetzter Gröfsen- und Formänderungen fähig sind, mit der Substanz eines Badeschwammes zu vergleichen sein, wie dieser letztere sich voll Wasser zu saugen vermag, so sind die Zwischenräume der Gerüstsubstanz des Protoplasma vom Enchylema erfüllt.

Für die Auffassung, daß die Gerüstsubstanz des Protoplasma aus einem netzartig anaftomosirenden Continuum feiner Fäden und Platten bestehe, spricht der Umstand, daß es nicht gelingt, durch eine kräftig wirkende Centrifuge die feste und flüssige Substanz von einander zu trennen. Zu dem Behufe wurde eine Portion frisches Protoplasma in einem derbwandigen Glasrohr an einer Centrifuge befestigt, durch welche man Butter aus *frischer* Milch herzustellen vermag. Es erfolgte hierbei keine Sonderung der festen und flüssigen Bestandtheile, sondern nur ein geringer Theil des Enchylema ward herausgeprefst, wie es auch bei einem mit Wasser getränkten Badeschwamme geschieht, den man in ähnlicher Weise behandelt.

Unterstützt wird diese Auffassung ferner durch die zahlreichen Beobachtungen, welche FROMMANN*) über die mikroskopisch sichtbare Netzstructur im Protoplasma der Gewebezellen von Blütenpflanzen veröffentlicht hat und welche durch SCHMITZ**) in umfassender Weise bestätigt worden sind.

Die chemische Zusammensetzung der Gerüstsubstanz des Protoplasma wird später erörtert werden.

Das Enchylema besteht jedenfalls aus einem Gemenge aller

*) FROMMANN, Beobachtungen über Structur und Bewegungsercheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen. Jena 1880. S. 1 ff.

**) Sitzungsber. der niederrheinischen Gefellschaft 1880. Sitzung v. 13. Juli.

möglichen löslichen Verbindungen des Protoplasma und verschiedenen unlöslichen im Zustande der Suspension. Sein Gehalt an Eiweißstoffen gab sich daran zu erkennen, daß die oben erwähnte ausgepresste Lösung bei einer Erwärmung auf 58—64° C. coagulirte. Nachdem das bei dieser Temperatur erhaltene Coagulum sich abgesetzt hatte, coagulirte die davon abgegoffene Flüssigkeit bei weiterem Erhitzen nicht mehr. Das Gewicht des durch Coliren vollständig von der Flüssigkeit befreiten Coagulums betrug 14 g; es sind also ungefähr 7—8 pCt. lösliche Eiweißstoffe im feuchten Zustande im lebenden, imbibirten Protoplasma enthalten.

Die vom Eiweiß-Coagulum abgepresste Flüssigkeit wurde auf dem Wasserbade eingedampft; der Rückstand hinterließ beim Verkohlen und Glühen eine nicht unbedeutliche Quantität Asche, in welcher Calcium, Alkalien und Chlor nachgewiesen wurden; diese letztgenannten Substanzen dürften wesentlich als Lösungsmittel für die Eiweißstoffe des Enchylema in Betracht kommen.

4. Der Wassergehalt des Protoplasma.

(Vergl. hierzu Abschnitt III.)

Das lebensfähige Protoplasma besteht aus Trockensubstanz und Wasser; das letztere hält die Bestandtheile des Enchylema in Lösung, während es die feste Gerüstsubstanz als Imbibitionswasser durchtränkt. Dieses chemisch nicht gebundene Wasser läßt sich durch Verdampfung verflüchtigen und somit von der Trockensubstanz trennen.

Durch sehr langes Stehenlassen im Exsiccator oder durch Erhitzen auf ungefähr 110° läßt sich die Trockensubstanz fast vollständig vom Wasser befreien, sodaß sie bei weiterem Erhitzen keine merkliche Gewichtsabnahme mehr zeigt; dieser Zustand mag als der *absolut* trockene bezeichnet werden. Wenn man solches absolut trockene Protoplasma dann längere Zeit an der Luft stehen läßt, am besten unter einer nicht schließenden Glasglocke, so nimmt es vermöge seiner Hygroscopicität eine gewisse Menge Wasserdampf auf, behält aber auch dann ein ziemlich constantes Gewicht. Dieser letztere Zustand wird

der *lufttrockene* genannt; man erreicht denselben auch dadurch, daß man das Protoplasma mehrere Stunden auf nur 100° erhitzt und dann der Luft exponirt, was deshalb von Wichtigkeit ist, weil man immer gut thut, eine möglichst niedere Temperatur anzuwenden, um Diffusionen und Verflüchtigung gewisser Verbindungen auf ein Minimum zu beschränken. Eine vollkommen genaue Trennung von Wasser und Trockensubstanz im Protoplasma wird man schon aus dem Grunde nicht erreichen, weil einige flüchtige Substanzen z. B. Ammoniumcarbonat und Terpen, schon bei niederer Temperatur theilweise entweichen.

Um den Durchschnittsgehalt des frischen Protoplasma an Wasser festzustellen, wurden von einer Reihe junger Fruchtkörper, welche eben an der Oberfläche der Lohe sich ansammelten, kleine Proben entnommen, mit einander vereinigt und im verschlossenen Gläschen gewogen; das Gesamtgewicht dieser Durchschnittsprobe von frischem Protoplasma betrug 8,6900 g. Die abgewogene Substanz ward dann im Wägegläschen mit absolutem Alkohol übergossen und in eine gewogene Platinschale gespült, in dieser mittelst eines Platinspatels so fein als möglich zerdrückt und der Alkohol auf dem Wasserbade verdunstet. Der Rückstand ward im Trockenschrank bei 100° ungefähr 6 Stunden lang getrocknet und dann unter einer nicht schließenden Glasglocke auf den lufttrockenen Zustand gebracht. Das Protoplasma zeigte nunmehr eine Gewichtsabnahme von 6,2290 g, woraus sich für das frische Protoplasma ein Wassergehalt von 71,6 pCt., ein Gehalt an lufttrockener Substanz von 28,4 pCt. ergibt.

Wird die lufttrockene Substanz bei 110° oder durch monatelanges Stehen im Exsiccator bis zum constanten Gewicht getrocknet, so ergibt sich ein weiterer Verlust an Wasser. Bei einem bezüglichen Versuche verlor lufttrockenes Protoplasma über Schwefelsäure 4,71 pCt. seines Gewichts an Wasser.

5. Die Grundstoffe der Trockensubstanz.

Um die im Protoplasma enthaltenen Grundstoffe festzustellen, trennt man zunächst die verbrennlichen Bestandtheile von den unverbrennlichen durch Veraschung; man hat dann in der Asche sämmtliche Metalle und Nichtmetalle mit Ausnahme des Stickstoffs in einer leicht zu bestimmenden Form vertreten. Die Veraschung geschah in einem geöffneten Platintiegel, welcher in einer aus Almeroder Thonmasse gebrannten und durch Gasflammen heizbaren Muffel längere Zeit auf dunkle Rothgluth gebracht wurde. Die Construction der Muffel gestattete eine bequeme Regulirung der Temperatur, so daß eine Verflüchtigung der Kohlenäure und der Alkalien vermieden werden konnte. Auch wird man annehmen dürfen, daß bei dem großen Gehalt des Protoplasma an Calciumcarbonat der sämmtliche Phosphor der Asche erhalten geblieben ist.

Außer den beim Glühen ganz oder theilweise verflüchtigten *Kohlenstoff*, *Wasserstoff*, *Stickstoff* und *Sauerstoff* ergab die Prüfung der Asche folgende Grundstoffe: *Chlor*, *Schwefel*, *Phosphor*, *Natrium*, *Kalium*, *Magnesium*, *Calcium* und *Eisen*.

Aus den Verbindungen dieser Grundstoffe setzt sich demnach das Protoplasma von *Aethalium* zusammen.

6. Analyse der Asche.

(Vergl. hierzu Abschnitt III.)

Der Aschengehalt des lufttrockenen Protoplasma ward mehrfach bestimmt in verschiedenen Proben, welche zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten gesammelt waren. Es ergaben sich hierbei nicht unbeträchtliche Differenzen im Aschengehalt. Bei diesen Bestimmungen wurde das Glühen nur so weit fortgesetzt, daß noch ein kleiner Rest von Kohle in der Asche zurückblieb, und dieser ward dann besonders festgestellt. Im Folgenden ist die von der lufttrockenen Substanz gelieferte Asche aus vier verschiedenen Proben, die zu verschiedenen Zeiten und zum Theil an verschiedenen Orten gesammelt waren, mitgetheilt:

Kohlefreie Asche
pCt.

1. 29,77
2. 28,62
3. 27,51
4. 40,87

Eine Anzahl von Kalkbestimmungen macht es wahrscheinlich, daß diese Schwankungen im Aschengehalt wesentlich auf dem wechselnden Gehalt an Calciumcarbonat beruhen. Es ergaben sich beispielsweise für einige der soeben angeführten Aschen folgende Mengen von CaO:

1. 54,17 pCt. der Kohlefreien Asche
2. 54,53 „ „ „ „

In der folgenden Zusammenstellung sind die Durchschnittswerthe aus zwei untereinander gut übereinstimmenden Aschenanalysen mitgetheilt.

	pCt.
1. Kohlenfäure (CO_2)	36,02
2. Phosphorfäure (P_2O_5)	6,49
3. Schwefelfäure (SO_3)	0,42
4. Chlor (Cl)	0,21
5. Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,13
6. Calciumoxyd (CaO)	54,34
7. Magnesiumoxyd (MgO)	0,71
8. Kaliumoxyd (K_2O)	1,42
9. Natriumoxyd (Na_2O)	0,18
Zusammen	99,92

Aus der quantitativen Zusammenfetzung der Asche und aus den darin enthaltenen Verbindungen lassen sich keineswegs ohne Weiteres Schlüsse ziehen auf die Verbindungsform, in welcher die Grundstoffe der Aschenbestandtheile im Protoplasma enthalten sind. Daß diese letzteren ganz andere sein können, als sie in der Asche uns vorliegen, ergibt sich schon aus der Erwägung, daß organische Salze der Erdmetalle beim Glühen sich in Carbonate verwandeln müssen. Es ist

fogar noch fraglich, wie die gefundenen Säuren und Metalle sich in der Afche combiniren, und man ist auch darin theilweise auf Vermuthungen angewiesen.

Wahrscheinlich find im lebenden Protoplasma das Chlor und das Natrium aneinander gebunden. Die Schwefelsäure ist als solche im Protoplasma der Fruchtkörper nicht enthalten, sondern nur ein Verbrennungsprodukt schwefelhaltiger organischer Substanzen. Ein gleiches gilt von einem Theil der Phosphorsäure, der grössere Theil derselben ist jedoch als Kaliumphosphat, Calciumphosphat und wahrscheinlich als Magnesiumammonphosphat im Protoplasma vorhanden, worauf wir ebenfalls später zurückkommen werden. Die Kohlenäure präexistirte zum grossen Theile als Calciumcarbonat, nur ein Bruchtheil ist Verbrennungsprodukt und hat sich mit dem ursprünglich an organische Säuren gebundenen Calcium vereinigt. Das Eisen endlich ist muthmaßlich auch als Phosphat im Protoplasma enthalten.

7. Elementaranalyse der organischen Substanz des Protoplasma.

(Vergl. hierzu Abschnitt III).

Eine Elementaranalyse des Protoplasma von *Aethalium septicum* kann *an sich* keinen grösseren Werth beanspruchen, als wenn man ein ganzes höheres Thier, z. B. eine Maus oder einen Frosch trocknen, pulverisiren und durch den Verbrennungsofen analysiren wollte. Die Elementaranalyse gewinnt jedoch in sofern Bedeutung, als man in der Kenntniß des Gesamtgehaltes von N, C und H ein Mittel der Controle besitzt, welches für die Bestimmung einiger organischen Verbindungen von Wichtigkeit werden kann.

Die Analysen wurden nach bekannten Methoden durch vorsichtiges Verbrennen der lufttrocknen und pulverisirten Substanz mit chromsaurem Blei unter Zusatz von $\frac{1}{10}$ saurem chromsaurem Kalium ausgeführt.

Um jedoch die Zusammensetzung auf die Trockensubstanz beziehen zu können und somit Anhaltspunkte für die Menge des in organischer Verbindung enthaltenen Wasserstoffs zu gewinnen, wurde

eine Wasserbestimmung in der Weise vorgenommen, daß eine abgewogene Menge derselben Substanz, die zu den Verbrennungen diente, über Schwefelsäure bis zum constanten Gewicht getrocknet wurde. Der N-Gehalt wurde nach der Methode von DUMAS festgestellt.

Das im vorigen Paragraphen sub I aufgeführte Protoplasma ergab folgende Zusammenfassung:

I.		
	pCt der lufttr. Substanz	pCt. der Trockensubstanz
C . . .	38,56	40,52
H . . .	5,82	6,10
N . . .	5,63	5,91
II.		
C . . .	38,61	40,47
H . . .	5,99	6,29
N . . .	5,39	5,65

8. Die in Aether löslichen Bestandtheile des Protoplasma.

Für die Extraction mit Aether ward lufttrockene Substanz verwendet. Im Extrahiren wurde der Apparat von TOLLENS benutzt, dessen Beschreibung hier in der von uns gewählten Zusammenstellung folgen möge. An einem hochstehenden Eisenstativ war ein LIEBIG'scher Kühler in senkrechter Stellung befestigt, in dessen unteres Ende ward mittelst eines Korkes ein weites Glasrohr *A* dicht eingefügt, sodaß es mit feiner Axe in die Verlängerung des Kühlers fiel; an seinem unteren Ende befand sich das Rohr eine Verjüngung, mittelst deren es durch einen Kork in den Hals eines Kolbens eingedichtet wurde, welcher im Uebrigen frei in der Luft schwebte, sodaß der ganze Apparat durch den am Stativ befestigten Kühler getragen wurde. Das eigentliche Extractionsgefäß ward jetzt in Form einer cylindrischen, auf beiden Seiten offenen Glasröhre von etwa 200 *mm* Länge hergerichtet, deren unteres Ende mit trockenem Fließpapier überbunden

ward, und welche dann mit der zu extrahirenden Substanz befeuchtet wurde. Jetzt ward das Extractionsröhrchen in das Glasrohr *A* eingesetzt, in welchem es aufrecht stand und mit dem unteren, mit Fließpapier überbundenen Ende auf dem sich verjüngenden Halbe dieses Rohres ruhte, wo es übrigens noch durch einen Glasring aufgestützt ward, um die Circulation der Aetherdämpfe zu erleichtern. Sollte die Extraction beginnen, so ward zunächst eine Quantität Aether in die obere Oeffnung des LIEBIG'schen Kühlers eingegossen; derselbe lief aus dessen unterer Mündung in das genau darunter stehende Extractionsröhrchen, von welchem er, das Protoplasma durchsickernd, in den darunter angebrachten Kolben tröpfelte. War der letztere etwa zur Hälfte mit dem bereits gelb gefärbten Aether angefüllt, so ward dieser durch ein kleines, frei darunter gesetztes Flämmchen zum Sieden gebracht und empor destillirt, wobei die Aetherdämpfe, zunächst neben dem Extractionsröhrchen vorbeistreichend, in den Kühler gelangten und hier condensirt wurden, so daß ein continuirlicher Aetherstrom aus dem Kühler in das Extractionsröhrchen hineinträufelte und das darin enthaltene Protoplasma von den in Aether löslichen Bestandtheilen befreite. Die Extraction wurde so lange fortgesetzt, bis eine Probe des aus dem Extractionsröhrchen unten abtropfenden Aethers im Ufischälchen verdunstet, keinen merklichen Rückstand mehr hinterließ. Von Wichtigkeit ist bei diesem Verfahren die sorgfältige Ueberwachung und Regulirung des Flämmchens. Zur Herstellung desselben ward der Schornstein eines gewöhnlichen BUNSEN'schen Brenners abgeschraubt und an seiner Stelle mittels eines kleinen durchbohrten Korkes ein etwa 50 *mm* langes und oben in eine feine Oeffnung ausgezogenes Glasröhrchen eingefügt, auf dessen Spitze man durch Oeffnen und Schließen des Hahnes ein Flämmchen von jeder beliebigen GröÙe hervorzurufen vermochte*).

Die hier beschriebene Methode der Extraction mit Aether ist, wie bereits erwähnt, die von TOLLENS empfohlene. Wo es sich

*) Diese Vorrichtung ist auch geeignet, einen Ersatz für die bei den Pflanzenphysiologen so beliebten Nachtlichter zu gewähren.

nicht um quantitative Erschöpfung der Substanz, sondern um rasche Beschaffung einer größeren Menge von Aetherextract handelte, ward an der Stelle des Glasrohrs *A* ein in der Mitte bauchig erweitertes Glasgefäß in den Apparat eingesetzt; der untere enge Hals desselben ward ziemlich fest voll Baumwolle gestopft, und die zu extrahirende Substanz dann direkt in den erweiterten Theil dieses Glasgefäßes eingefüllt. Ein dünnes Glasrohr lief aus dem Halse des den Aether aufnehmenden Kolbens durch den Baumwollpfropf und das trockene Protoplasma in den oberen leeren Raum des Extractionsgefäßes, durch dieses Rohr vermochten die Aetherdämpfe zu entweichen, der im Kühler condensirte Aether filtrirte dann durch das Protoplasma und die Baumwolle in den Kolben zurück.

War die Extraction beendet, so ward der Aether abdestillirt, und das restirende Extract weiter verarbeitet.

Die Ausbeute an Aetherextract aus lufttrocknem Protoplasma ward zu sechs Malen bestimmt, wobei wenigstens theilweise auf den Aschengehalt der zur quantitativen Bestimmung dienenden Protoplasma-Probe Rücksicht genommen wurde, indem die laufenden Nummern der folgenden Tabelle den Nummern der Tabelle des Aschengehalts auf S. 14 entsprechen.

Es ergaben sich folgende Werthe*):

	Aetherextract des lufttrocknen Protoplasma pCt.
1.	6,08
2.	6,06
3.	8,13
4.	5,36
5.	5,40
6.	6,04

Ward die ganze Menge des Aetherextractes mit wenig warmem absolutem Aether aufgenommen, so schieden sich bei längerem Stehen

*) Vergleiche die analytischen Belege.

in der Kälte weisse, perlmutterartig glänzende, krySTALLINISCHE Blättchen oder Nadeln aus, welche aus *Paracholesterin**) bestanden. Die KrySTALLE wurden von der Mutterlauge abfiltrirt und abgepresst, dann durch UmkrySTALLIFIREN, zuletzt aus Alkohol, gereinigt. Während die KrySTALLISATIONEN aus Aether stets noch einen intensiven Geruch nach dem in Aether schwer löslichen, bei Besprechung des Alkoholextractes genauer zu erwähnenden *Terpen* befassen, so verlor sich dieser, sobald das Paracholesterin aus Alkohol umkrySTALLIFIRT ward, in welchem dasselbe schwerer, das Terpen jedoch leichter löslich ist, als im Aether.

Die Mutterlauge des Paracholesterins**) ward nunmehr mit alkoholischer Kalilauge verseift und mit Aether ausgeschüttelt; aus dieser ätherischen Lösung krySTALLIFIRTE ebenfalls noch eine nicht unbeträchtliche Quantität von Paracholesterin, endlich auch eine geringe Menge von *normalem Cholesterin*, welches durch seine charakteristische Reaction mit Chloroform und Schwefelsäure sich leicht als solches unterscheiden läßt.

Die Menge des im Aetherextracte enthaltenen Paracholesterins und Cholesterins wurde bei einer auf möglichst vollständige Ausbeutung desselben gerichteten Verarbeitung zu 21 pCt. bestimmt. Durch das fractionirte AuskrySTALLIFIREN läßt sich das Paracholesterin von Beimengungen des nur in geringer Quantität vorhandenen Cholesterins völlig frei erhalten.

Der Aetherextract von *Aethalium* ist nach vollständiger Verjagung des Aethers nicht geruchlos. Der Geruch wird hauptsächlich hervorgerufen durch das bereits erwähnte Terpen, sowie durch flüchtige Fettsäuren, welche darin offenbar in freiem Zustande enthalten sind. Wenn man eine Portion des Aetherextractes in einem Kolben mit etwas Wasser übergießt, erwärmt, durchschüttelt und dann destillirt,

*) Ueber die Charakteristik dieses von uns unterschiedenen Alkohols vgl. unseren demnächst in LIEBIG'S Annalen erscheinenden Aufsatz.

**) In unserer vorläufigen Mittheilung haben wir auch Fettsäurenparacholesteride unter den Bestandtheilen des Protoplasma aufgeführt, eine Angabe, die auf Irrthum beruht und hier deswegen berichtigt werden soll. Was wir anfangs für Ester von Paracholesterin und Fettsäuren anfaßen, erwies sich später als ein Gemenge von Paracholesterin mit Kalkseifen.

so reagirt das Destillat deutlich sauer und entwickelt einen Geruch nach *Buttersäure* und *Capronsäure*; für die Anwesenheit der letzteren sprechen auch kleine Tropfen, welche auf der Oberfläche des Destillates schwimmen.

Durch die oben erwähnte Verseifung mittelst alkoholischer Kalilauge waren die gesammten Fettsäuren des Aetherextractes in die Form von Kaliumsalzen übergeführt worden. Der Alkohol ward aus der Seifenlösung zum größten Theil durch Verdunstung auf dem Wasserbade entfernt und die zurückbleibende Masse wiederholt mit Aether ausgeschüttelt. Der Aether nimmt dabei das Paracholesterin auf, welches aus der stark concentrirten aetherischen Lösung in Blättchen oder Nadeln krystallisirt. Die Mutterlauge des Paracholesterins giebt mit Chloroform und Schwefelsäure die Cholesterin-Reaction. Die restirende wässrige Lösung ward mit verdünnter Schwefelsäure neutralisirt, wobei sich feste Fettsäuren abschieden, welche auf einem nassen Filter gesammelt und mit heissem Wasser möglichst ausgewaschen wurden. Das Filtrat hiervon ward jetzt mit Schwefelsäure angeäuert und der Destillation unterworfen; das Destillat reagirte sauer von den übergegangenen flüchtigen Fettsäuren; es wurde mit Natriumcarbonat neutralisirt und auf dem Wasserbade zur Trockne abgedampft. Der Rückstand ward mit wenig Wasser aufgenommen und mit Schwefelsäure zersetzt, wobei sich kleine Tröpfchen und Flocken abschieden, die von der Flüssigkeit durch ein nasses Filter getrennt wurden. Das Filtrat wurde wieder abdestillirt. Im Anfange war das Destillat trübe und es sammelten sich kleine Tröpfchen auf seiner Oberfläche, die sich nach und nach zu einem grossen Tropfen vereinigten, die Trübung rührte jedenfalls wenigstens zum Theil von dem oben erwähnten Terpen her (Destillat I). Als später das Destillat anfang klar zu werden, wurde die Vorlage gewechselt (Destillat II). Endlich wurde die Vorlage noch einmal gewechselt (Destillat III).

Das Destillat I wurde mit Chlorcalcium bis zur Sättigung versetzt, wodurch sich auf demselben eine dünne Oelschicht abschied, die einen scharfen Geruch nach Capronsäure entwickelte. Diese Oel-

schicht ward mit Aether aufgenommen, der Aether mit Barytwasser durchgeschüttelt und so die Fettsäure am Baryum gebunden. Zur Entfernung des überschüssigen Baryts wurde dann CO_2 bis zur neutralen Reaction durchgeleitet, auf dem Wasserbade eingeeengt, vom BaCO_3 abfiltrirt, und das Filtrat verdunsten gelassen. Das hierbei sich auscheidende Baryumfalz bestand unter dem Mikroskop aus feinen, büschelförmig vereinigten Nadeln. Diese Kry stallform wird für das Capronat des Baryums als characteristisch angegeben, während das Propionat in rhombischen Säulen, das Butyrat in perlgänzenden Plättchen, das Valerianat ebenfalls in Blättchen, das Caprylat in fettglänzenden Schüppchen krystallisiren soll.

Vom Destillat II ward ebenfalls die Baryumverbindung hergestellt, welche zum grössten Theil in Blättchen, zum kleinen Theil jedoch in büschelförmigen Nadeln auskrystallisirte. Dagegen trocknete das aus Destillat III gewonnene Baryumfalz zu einer spröden glasartigen Masse ein.

Von den Salzen der Destillate I und II ward eine ausreichende Menge gewonnen, um eine Barytbestimmung vornehmen zu können*). Bei I wurden 43,41 pCt. Ba gefunden, woraus auf die Anwesenheit von Butter säure geschlossen werden durfte, denn für Baryumbutyrat berechnen sich 44,05 pCt. Ba; im Salze des Destillats II wurden 47,53 pCt. Ba gefunden. Das Baryumpropionat enthält der Formel nach 48,41 pCt Ba. Die geringe Abweichung wird aber erklärlich, wenn man berücksichtigt, daß sich Propionsäure und Butter säure durch einmalige fractionirte Destillation nicht scharf trennen lassen und daß also das Salz des Destillats II mit dem Salz des Destillats I etwas verunreinigt war. Man wird deshalb nach der Bestimmung die Anwesenheit von *Propionsäure* annehmen können.

Die beim Zerfetzen der Natriumfalze abgechiedenen Flocken und Tröpfchen, welche beim Abfiltriren durch ein nasses Filter auf diesem zurückgeblieben waren, wurden im Aether aufgenommen, der Aether

*) Vergleiche die analytischen Belege.

mit Barytwasser geschüttelt, wobei sich ein flockiger Niederschlag abschied. Der Aether wurde vom Barytwasser abgegossen und in letzteres zur Entfernung des überschüssigen $\text{Ba}(\text{OH})_2$ Kohlendioxyd bis zur neutralen Reaction eingeleitet. Dann ward bis zur Trockne eingedampft, der Rückstand mit heissem Alkohol ausgezogen. Es ging in den Alkohol ein Baryumfalz, muthmaßlich das *Caprinat*, über, welches jedoch beim Verdunsten des Lösungsmittels nicht krystallisirte.

Die *nicht flüchtigen* fetten Säuren des Aetherextractes stellten bei Zimmertemperatur eine theilweise feste, theilweise aber flüssige braune Masse dar. Da die Oelsäure die einzige nicht flüchtige fette Säure, die noch bei Zimmertemperatur flüssig ist, so kann man wohl annehmen, daß dieselbe in dem Gemisch vertreten war. Zur Reinigung und Trennung der festen Fettsäuren von der Oelsäure wurde in Alkohol gelöst, mit Natriumhydroxyd verseift und die heisse alkoholische Lösung der Seifen mit einer gefättigten wässerigen Lösung von Baryumacetat ausgefällt. Der Niederschlag ward abgepresst und dann mit heisser wässriger Salzsäure zerlegt, wobei sich die fetten Säuren als eine Oelschicht abschieden. Nach dem Erkalten wurden dieselben durch Ausschütteln mit Aether von der wässerigen Flüssigkeit getrennt, die aetherische Lösung auf ein kleines Volumen eingedampft und dann stark abgekühlt. Die fetten Säuren schieden sich aus, wurden durch Abpressen von der aetherischen Mutterlauge befreit und dann aus Alkohol solange umkrystallisirt, bis sie ihre gelbe Farbe verloren hatten. Der Schmelzpunct der so resultirenden fetten Säuren lag bei $69,4^\circ$. Da der Schmelzpunct der Stearinsäure bei $69,2^\circ$ liegt, so glaubten wir, ziemlich reine Stearinsäure vor uns zu haben. Eine Elementaranalyse zeigte aber, daß diese Annahme nicht richtig war, denn sie ergab im Durchschnitt von zwei Bestimmungen:

C . . 77,63 pCt.

H . . 13,09 „

während sich aus der Formel der Stearinsäure $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$

C . . 76,05 pCt.

H . . 12,67 „

berechnen. Es muß deshalb angenommen werden, daß hier ein Gemisch von Stearinsäure mit Säuren von höherem und niederem Kohlenstoffgehalt vorgelegen hat, welches nur zufällig den Schmelzpunkt der Stearinsäure zeigte; jedenfalls wird Palmitinsäure in diesem Gemenge nicht fehlen.

In allen Fällen zeigte der Aetherextract des Protoplasma beim Verbrennen auf Platinblech Spuren einer weißen Asche, welche aus Kalk bestand. In einzelnen Fällen, wo das Protoplasma vor der Extraction mit Aether weniger sorgfältig getrocknet worden war, erwies sich dieser Gehalt an Kalk als bedeutender. Ward in solchem Falle das gewonnene Extract zur Trockne gebracht und dann wieder mit absolutem Aether aufgenommen, so blieb die erwähnte Calciumverbindung ungelöst zurück. Sie bestand in dem einen Falle, wo sie in größerer Quantität in den Aetherextract übergegangen war, aus einer weißen seifenartigen Masse. Auf dem Platinblech erhitzt, schmolz dieselbe zu einer bräunlichen Flüssigkeit, um dann unter Aufblähung und Entwicklung eines Geruches nach verfengtem Fett mit heller, rufsender Flamme zu verbrennen und einen weißen Rückstand von Kalk zu hinterlassen. Es war unzweifelhaft eine Verbindung von Calcium mit einer fetten Säure. Ward die Seife mit Salzsäure erwärmt, so löste sie sich darin unter Abscheidung von Tropfen, die beim Erkalten zu einer festen Masse erstarrten. Ward diese Masse durch Ausschütteln in Aether aufgenommen zur Trockne eingedunstet, und der Rückstand in Alkohol gelöst, so krystallisirte aus diesem die fette Säure in Blättchen, bestand also wohl vorzugsweise aus *Stearinsäure*; daß diese jedoch nicht rein, sondern jedenfalls mit Spuren anderer Fettsäuren gemengt war, bewies ihr schon bei 58° liegender Schmelzpunkt. Es waren also außer dem *Calciumstearat* wahrscheinlich auch noch etwas *Palmitat* und *Oleat* in den Aetherextract übergegangen.

Da nun aus dieser Beobachtung sich bereits die Anwesenheit von Calciumverbindungen der höheren Fettsäuren im Protoplasma von *Acthalium* ergab, dieselben aber in noch größerer Menge aus dem

Alkoholextrakte gewonnen wurden, so war es erwünscht, auch die in der Form von Calciumsalzen gebundenen Fettsäuren quantitativ zu bestimmen.

Zu dem Ende wurde eine gewogene Menge Protoplasma, welches bereits mit Aether bis zur vollständigen Erschöpfung extrahirt worden war, mit verdünnter Salzsäure gekocht, wobei sämmtliches fettsaure Calcium zerlegt wird. Der Rückstand wurde abfiltrirt und bis zur neutralen Reaction mit H_2O gewaschen, dann auf dem Filter getrocknet und mit dem Filter im Extractionsapparate durch Aether ausgezogen. Es gingen nunmehr sämmtliche, vorher an Calcium gebundene höhere Fettsäuren in Lösung, sie bestanden aus einem Gemenge von festen Fettsäuren und Oelsäure, ihre Quantität betrug nicht weniger als 5,13 pCt. des lufttrocknen mit Aether schon extrahirten Protoplasma. —

Die oben (S. 9) erwähnte, durch Abpressen gewonnene Gerüstsubstanz ward getrocknet und darauf mit Aether extrahirt. Der hieraus gewonnene Aetherextract bestand zum grösseren Theile aus Paracholesterin, welches danach vorwiegend in der Gerüstsubstanz vertheilt zu sein scheint. Dieser Aetherextract der Gerüstsubstanz wurde in einer Platinschale durch Erwärmen zum Schmelzen gebracht, dann pulverisirtes Baryumhydroxyd, welches beim Veraschen die Phosphorsäure binden sollte, darin eingetragen und mit dem Aetherextract verrieben. Diese Masse ward dann über einer Gasflamme verkohlt und geglüht, der Rückstand mit Salpetersäure aufgenommen und filtrirt; in dem klaren Filtrate erzeugte molybdänsaures Ammonium einen reichlichen gelben Niederschlag, wodurch die Anwesenheit von Phosphor im Aetherextract des Protoplasma nachgewiesen wurde. Bei der alkalischen Reaction des Protoplasma muß dieser Phosphor als *Lecithin* in den Aether übergegangen sein, und dürfte dieser Körper vorwiegend im ungelösten Zustande an die Gerüstsubstanz gebunden sein. Um direkt auf Glycerinphosphorsäure zu prüfen, ward eine andere Quantität Aetherextract mit Alkohol aufgenommen, mit einer Lösung von Natriumcarbonat versetzt, durchgeschüttelt, um die freien Fett-

fäuren zu binden, zur Trockne eingedampft, wieder mit Aether extrahirt und der Aether abdestillirt. Der Rückstand ward dann andauernd mit einer gesättigten Lösung von Baryumhydroxyd gekocht und in dem auf diese Weise entstandenen glycerinphosphorsaurem Baryum die Glycerinphosphorsäure nach dem Verfahren von HOPPE SEYLER*) nachgewiesen.

Zum Zweck des Nachweises von *Glycerin*, welches in Form von Fettsäure-Glyceriden vorhanden war, wurde der Aetherextract verseift, die Seifenlösung zur Entfernung des Paracholesterins mit Aether ausgeschüttelt, dann mit Schwefelsäure zerlegt und von den ausgeschiedenen Fettsäuren durch ein nasses Filter abfiltrirt. Das Filtrat wurde mit Kalilauge genau neutralisirt, eingedampft und die zurückbleibende Salzmasse mit einem Gemisch von Aether und Alkohol (1 Theil Alkohol auf $1\frac{1}{2}$ Theile Aether) ausgezogen. Der nach dem Verdunsten des Aether-Alkohols bleibende sehr geringe Rückstand gab mit saurem schwefelsaurem Kalium erhitzt den stechenden Geruch der Acroleindämpfe, wodurch die Anwesenheit von *Glycerin* dargethan wird. Jedenfalls sind Glyceride im Aetherextract von *Aethalium* nur in sehr geringer Menge enthalten, *der weitaus grössere Theil der Fettsäuren ist frei*.

Endlich war es erwünscht, die in Aether übergehenden Bestandtheile der Sporen mit denjenigen des Protoplasma zu vergleichen. Der Aetherextract der Sporen unterschied sich von dem des Protoplasma durch eine hellere Färbung, eine öfters körnig aussehende Consistenz und feine viel geringere Quantität. Es gelang aus lufttrockenen Sporen durch achttägige Ausziehung nur 1,72 pCt. Aetherextract zu gewinnen.

Der Aetherextract aus Sporen besitzt im trocknen Zustande eine wachsartige Beschaffenheit, mit dem Mikroskope lassen sich darin aus Nadeln zusammengesetzte Kry stallgruppen unterscheiden. Ward derselbe wiederholt mit Alkohol behandelt, so ging ein Theil in Lösung; der zurückbleibende Theil verlor seine klebrige wachsartige Beschaffen-

*) Zeitschrift für physiologische Chemie B. III, S. 378.

heit, ward krümelig und liefs sich mit einem Glasstabe zerreiben. Auf dem Platinblech verbrannt, hinterliefs er Asche; ward er mit Salzfäure gekocht, so schieden sich Fetttropfchen ab. Die von diesen Fetttropfchen abfiltrirte Flüssigkeit ward mit Ammoniak neutralisirt, mit Essigfäure wieder angefäuert und mit Ammoniumoxalat versetzt: es entstand ein Niederschlag von Calciumoxalat, so dafs auch dieser Theil des Aetherextractes der Sporen aus Calciumverbindungen fetter Säuren besteht. Die aus dem Aetherextract gewonnene alkoholische Lösung wurde auf dem Wasserbade bis auf einen kleinen Rest verdampft, der letztere langsam zur Trockne eingedunstet, wobei sich in dem festen Rückstande wenig gut ausgebildete Krytallblättchen ausschieden. Der Rückstand ward nun wieder mit Aether in der Wärme so lange behandelt, bis er gelöst war. Die ätherische Lösung schied nach erfolgter Einengung beim Erkalten einen gallertig-flockigen Niederschlag ab, welcher abfiltrirt wurde; dieser Niederschlag hinterliefs beim Verbrennen auf Platinblech eine aus Kalk bestehende Asche. Aus der ätherischen Lösung krytallisirte beim Verdunsten *Paracholesterin* in Nadeln; die gelb gefärbte Mutterlauge dieser Krytalle gab mit Chloroform und Schwefelsäure eine schwache Reaction auf normales *Cholesterin*. Freie Fettfäuren und Glyceride derselben scheinen im Aetherextract der Sporen nur in geringer Menge vorzukommen. Dagegen ist Lecithin bereits durch O. LOEW (vgl. oben S. 6) im Aetherextracte der Sporen nachgewiesen worden.

9. Extraction mit Alkohol.

Sobald man Plasmodien von *Aethalium* mit Alkohol digerirt, nimmt der Letztere einen gelben Farbstoff auf, welcher mit dem in Aether sich lösenden Farbstoffe identisch ist.

Um die übrigen, in Alkohol sich lösenden Substanzen prüfen zu können, ward das bereits mit Aether extrahirte und dann wieder getrocknete Protoplasma in dem zur Aetherextraction dienendem Apparate durch destillirenden Alkohol absolutus erschöpft. Es ging eine, den Alkohol bernsteinbraun färbende Substanz in Lösung, welche zur

Trockene verdampft und dann auf dem Platinblech verbrannt, einen aus Kalk bestehenden Rückstand hinterließ. Mit Natrium in einem einseitig verschlossenen Röhrchen verbrannt, ließ sich darin eine Spur von Stickstoff nachweisen, während die Prüfung mit FEHLING'scher Lösung die Abwesenheit von reducirendem Zucker zu erkennen gab.

Aus der erkalteten alkoholischen Lösung schied sich ein voluminöser, flockiger, weißlicher Niedererschlag ab, welcher, durch Auswaschen mit kaltem Alkohol gereinigt, beim Trocknen zu einer dünnen gelblichen Kruste zusammenschrumpfte, die in heißem Wasser sich theilweise löste. Der im Wasser lösliche Theil des Niederschlages bestand aus einem Gemenge von *Calciumacetat* und *Calciumformat*, während der in Wasser unlösliche Theil von *Calciumsalzen* der *Oelfäure*, der *Palmtinsäure* und *Stearinsäure* gebildet wurde.

Der in Lösung verbleibende Theil des Alkoholextractes gab beim Eindampfen eine schmierige, braune, unangenehm aromatisch riechende Substanz, welche als ein in Aether unlösliches *Weichharz* bezeichnet werden kann. Es gelingt bei dem soeben angedeuteten Verfahren aber nicht, die einzeln namhaft gemachten Substanzen vollkommen von einander zu trennen, weil namentlich das Harz sich stets emulsionsartig einem wässrigen Aufgusse mittheilt und sich durch Filtriren nicht abscheiden läßt.

Um eine vollständige Sonderung zu erreichen, ward deshalb das vorher mit Aether erschöpfte Protoplasma *zunächst* mit Wasser ausgezogen, wodurch das Acetat und Format des Calciums entfernt wurden, dann die Substanz wieder sorgfältig getrocknet und nun erst in der beschriebenen Weise mit Alkohol ausgezogen. Das jetzt erhaltene Extract bestand ausschließlich aus Harz und Kalkseifen nebst etwas Farbstoff.

Eine quantitative Bestimmung ergab in dem mit Aether extrahirten, mit Wasser ausgewaschenen und auf den lufttrocknen Zustand gebrachten Protoplasma einen Gehalt von 2,3 Gewichtsprocenten Alkoholextract.

Wird die aus dem mit Wasser extrahirten Protoplasma gewonnene alkoholische Lösung auf dem Wasserbade eingeeengt, so scheidet sich beim Erkalten ein weißliches Sediment von Kalkseifen aus. Dieselben bilden gefonderte, bis 1 mm im Durchmesser haltende sphärische Kry stallgruppen, welche aus radial gestellten, dünnen mikroskopischen Prismen gebildet werden; sie sind weich, sodass sie sich unter dem Deckglase zerdrücken lassen. Auf dem Platinblech verkohlt, liefern sie einen, nach unvollkommen verbrennendem Fette riechenden Qualm und hinterlassen viel Asche, welche aus Kalk besteht. Den Rest der im Alkohol gelösten Kalkseifen kann man vollständig durch Ammoniak ausfällen; es bleibt dann das nunmehr gänzlich aschenfreie, kratzend-bitter schmeckende und scharf aromatisch riechende Weichharz in Lösung. Wird diese alkoholisch-ammoniakalische Lösung des Harzes durch einen Ueberschuß von HCl angesäuert, so scheidet das Harz sich anfangs als Emulsion aus und sammelt sich schließlich in bräunlicher Schicht an der Oberfläche der Flüssigkeit.

Der im Alkohol schwerer lösliche Theil der Kalkseifen, welche schon beim Erkalten der Lösung in kry stallinischer Form sich ausscheidet, scheint zum größten Theile aus Calciumpalmitat zu bestehen mit wenig Oleat und vielleicht etwas Stearat gemengt; das letzt genannte Salz scheint auch in siedendem Alkohol sehr schwer löslich zu sein. Der in Alkohol leichter lösliche und erst auf Zusatz von NH_3 ausfallende Theil der Seifen besteht dagegen vorwiegend aus Calciumoleat. Werden die in Rede stehenden, stets ein Gemenge bildenden Kalksalze mit HCl gekocht, so zersetzen sie sich, die Fettsäuren werden frei und lassen sich mit Aether ausschütteln, welcher dann beim Verdunsten auf einem Uhrschälchen gelbliche Tropfen von Oelsäure hinterläßt, in deren Innerm Kry stallen von Palmitinsäure zur Ausbildung gelangen, welche man an den büschelig gruppirten Nadeln erkennt.

Im Alkoholextracte, und zwar mit dem Weichharz gemengt, ist auch eine flüchtige Substanz von ziemlich unangenehmem Geruch enthalten, welche jedenfalls der wirksamste Bestandtheil des eigenthüm-

lichen Geruches ist, den das frische Protoplasma besitzt. Dieser Stoff ist auch in Aether löslich, aber viel weniger als in Alkohol, und unlöslich in Wasser. Wenn man das aus dem Alkoholextracte gewonnene Harz oder auch den ganzen Alkoholextract mit Wasser in einem Kolben zu einer Emulsion durchschüttelt und dann das Wasser abdestillirt, so entweicht die in Rede stehende flüchtige Substanz mit den Wasserdämpfen und läßt sich mit diesen in einem Kühlgefäße condensiren. Hierbei verdichtet sich die Substanz zum Theil an den Wänden des Glasgefäßes, sie bildet dann durchscheinende farblose Krusten, welche auf Wasser schwimmen; der größere Theil jedoch mengt sich mit dem Wasser zu einer äußerst feinen, opalisirenden Emulsion. Wenn man diese Emulsion von Neuem abdestillirt, so gelingt es nicht, die Substanz in größerer Menge vom Wasser zu trennen, und konnte hierzu überhaupt kein Weg ausfindig gemacht werden. Wegen ihres Vorkommens in dem Harze und ihrer Eigenschaften dürfte kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß diese Substanz in die Gruppe der Terpene und Campherarten gehört; für eine analytische Untersuchung war die Ausbeute allerdings viel zu gering, wir wollen jedoch die Substanz der Kürze wegen im Verlauf dieser Abhandlung als *Terpen* aufführen, ohne damit über die etwa später zu gewinnende Feststellung seiner Zusammensetzung etwas präjudiciren zu wollen.

Was endlich die Eigenschaften des aus Aethalium gewonnenen Harzes anlangt, so ist unzweifelhaft, daß dasselbe, wie alle natürlichen in der Pflanze vorkommenden Harze ein Gemenge verschiedener chemischer Individuen repräsentirt. Eine genauere chemische Untersuchung dieses Harzes wurde nicht vorgenommen; einmal wegen der großen Schwierigkeit, welche die chemische Zergliederung der Harze mit sich bringt, sodann auch, weil unser Vorrath für eine solche Bearbeitung nicht ausgereicht haben würde. Das Aethaliumharz bildet in dem aus Alkohol durch Ammoniumhydroxyd abgechiedenen Zustande eine braune durchscheinende, bei Zimmertemperatur plastisch weiche, fadenziehende Substanz von eigenthümlichem Geruch und kratzend aromatischem Geschmack, welche in Wasser und Aether unlöslich, in

Alkohol dagegen leicht löslich ist, und bei längerem Stehen an der Luft ziemlich fest wird. Dafs in diesem unreinen Harze eine Säure enthalten ist, dürfte an sich kaum zweifelhaft sein, es wird aber durch folgende Beobachtung noch speciell darauf hingewiesen. Eine Portion des Harzes wurde mit einer Lösung von Ammoniumcarbonat in einem verschlossenen Kolben durchgeschüttelt und drei Monate lang stehen gelassen. Während dieser Zeit hatten sich auf dem Boden des Glasgefäfses grofse, farblose KrySTALLnadeln abgesetzt, welche von kaltem Wasser nur schwer angegriffen wurden, in Alkohol und siedendem Wasser sich dagegen lösten, aus letzterem jedoch nicht wieder auskrySTALLisirten. Vermuthlich bestanden diese KrySTALLE aus einer Ammoniumverbindung der Harzsäure. Prismatische und nadelförmige KrySTALLE bildeten sich auch nach längerem Stehen in Harz, welches in Ammoniumhydroxyd gelöst und durch Verdampfen desselben ausgeschieden worden war. Ferner mag noch hervorgehoben sein, dafs auch im Alkoholextract der Sporen Terpen, Harz und Kalkseifen enthalten sind.

Was endlich die Vertheilung des Harzes im Protoplasma anlangt, so scheint dasselbe grofsentheils, wenn nicht vorwiegend an die Gerüstsubstanz gebunden zu sein; wenigstens wurde beim Ausziehen der festen, durch Abpressen gewonnenen Gerüstsubstanz mit Alkohol nach Schätzung ungefähr ebenso viel Harz beim Abdestilliren des Alkohols erhalten, als man aus einer äquivalenten Protoplasamenge gewonnen haben würde.

10. Extraction mit Wasser. — Kohlenhydrate.

Die wäfsrigen Auszüge wurden aus lufttrockenem Protoplasma entnommen, welches vorher mit Aether erschöpft war. Nachdem die Substanz eine oder einige Stunden auf dem Wasserbade mit Wasser erhitzt worden war, ward die Lösung abgepresst und filtrirt, sie erschien nunmehr schwach gelblich gefärbt und leicht opalisirend. Dieselbe wurde jetzt mit Bleiessig gefällt, vom Niederschlage abfiltrirt, durch Schwefelwasserstoff entbleit, wodurch sie sich vollkommen klärte. Diese Lösung bleibt beim Kochen klar, auch nach Zusatz von Salpetersäure

und weiterem Erhitzen. Nunmehr auf ein geringes Volumen eingedampft, ward zu dieser concentrirten Lösung heißer Alkohol im großen Ueberschuß zugesetzt; derselbe bewirkte in der heißen Flüssigkeit keine Fällung; erst beim Erkalten bildete sich eine geringfügige, flockige Auscheidung, welche auf Platinblech verbrannt, keinen Horngeruch entwickelte. Die alkoholische Lösung wurde durch Eindampfen concentrirt und im Exsiccator verdunstet. Es blieb eine spröde, hellbraune, nicht krySTALLINISCHE Masse zurück, welche mit Natrium erhitzt, deutliche Stickstoff-Reaction gab, und beim Verbrennen auf Platinblech eine starke, größtentheils aus Kalk bestehende Asche hinterließ. Ward die trockene Masse mit Soda und Salpeter im Platintiegel verbrannt, und die Schmelze in Salzsäure gelöst, so gab Chlorbaryum keinen Niederschlag — Abwesenheit von Schwefel. Im Ueberschusse von Essigsäure gelöst, tritt mit concentrirter Schwefelsäure keine violettblaue Färbung mit grüner Fluorescenz ein. In Wasser gelöst, lieferte diese Substanz mit Ferrocyankalium und Essigsäure einen Niederschlag, desgleichen mit Tannin; mit dem MILLON'schen Reagenz einen weißen Niederschlag, welcher sich beim Erwärmen bis zum Kochen nicht roth färbte; mit Kalilauge und sehr verdünnter Kupferlösung behandelt zeigte sich keine Biuret-Färbung. Diese Masse enthielt demnach eine amorphe, stickstoffhaltige Verbindung, welche in ihren Eigenschaften den Peptonen nahe steht, jedoch mehrere der bekanntesten Reactionen dieser Körper nicht darbot; wir wollen sie als *peptonoide Substanz* bezeichnen. Dieselbe erinnert in Geruch und Geschmack theils an Fleischextract, theils an frische Brodrinde.

In der Folge ward der wässrige Auszug nach der Fällung mit Bleieffig nicht weiter mit Alkohol versetzt, weil sich dieses als ziemlich wirkungslos erwiesen hatte.

Uebereinstimmend zeigte das Filtrat von Bleieffig-Niederschlag bei einer Prüfung mit FEHLING'scher Lösung sich vollkommen *frei* von Traubenzucker.

Ward das genannte wässrige Filtrat durch Eindampfen concentrirt und im Exsiccator sehr langsam zur Trockne gebracht, so ent-

standen in der bräunlichen, etwas hygroskopischen Masse nach längerem Stehen vereinzelte Krytalle von *Asparagin*, sowie kleinere Nadeln von *Calciumformat* und *Kaliumphosphat*. In manchen Fällen blieb aber auch die Substanz durch Monate ganz frei von jeder krytallinischen Ausscheidung.

Die Natur der Krytalle des Calciumformats und des Asparagins liefs sich im wäffrigen Extracte der *Sporen* feststellen, weil sie in demselben in relativ gröfserer Menge enthalten waren.

Die trocknen Sporen wurden in einem gröfseren Kolben mit Alkohol benetzt und dann mit Wasser übergossen einige Stunden gekocht, die Lösung von den Sporen abfiltrirt, eingeeengt, mit Bleieffig gefällt, abfiltrirt, das Filtrat entbleit, eingedickt und in den Exsiccator gestellt. Es schieden sich nach einiger Zeit gröfsere, sehr schön ausgebildete Krytalle von *Asparagin* ab, welche in einer syrupdicken gelblichen Mutterlauge eingebettet lagen. Durch wiederholtes Umkrytallisiren ward diese Substanz vollkommen rein erhalten. Dafs wir nichts anderes, als Asparagin vor uns hatten, bewies die Krytallform, sowie die Menge des darin enthaltenen Krytallwassers und Stickstoffs*).

Die Mutterlauge ward in Wasser gelöst, mit Knochenkohle behandelt und mit einer salpeterfauren Lösung von Quecksilberoxydnitrat versetzt. Es entstand ein dicker Niederschlag, welcher kleine Kügelchen von metallischem Quecksilber enthielt. Die überschüssige Salpetersäure wurde durch Baryumhydroxyd abgestumpft und dann filtrirt. Der Niederschlag ward in Wasser aufgeschlemmt, zum Kochen erhitzt und durch Einleiten von H_2S während des Kochens vom Quecksilber befreit, nach dem Abfiltriren ward die Flüssigkeit mit Baryumhydroxyd neutralisirt und auf dem Wasserbade eingeeengt; es blieb eine bräunliche Schmiere zurück, welche keine krytallinischen Produkte lieferte.

Das Filtrat vom Quecksilber-Niederschlag ward durch H_2S vom Hg befreit, durch Baryumhydroxyd vollständig neutralisirt und eingedampft; der Rückstand mit verdünntem Alkohol aufgenommen,

*) Vergl. Abschnitt III.

wobei das Baryumnitrat zum größten Theil ungelöst blieb, und die Lösung von Neuem verdampft. Der jetzt zurückbleibende Rückstand wurde in Wasser gelöst und nach Behandlung mit Thierkohle langsam an der Luft verdunsten gelassen, wobei die Masse nach längerer Zeit zu einem KrySTALLBREI erstarrte, welcher aus langen Nadeln in einer gelblichen Mutterlauge bestand. Die KrySTALLE wurden durch Abpressen, Abspülen mit Alkohol und UmkrySTALLISIREN gereinigt, sie erwiesen sich als *Calciumformat*, welches durch die Queckfilberlösung bei gewöhnlicher Temperatur nicht oxydirt worden war.

Während diese, in größerer Menge aus den Sporen gewonnenen KrySTALLE eine Bestimmung un schwer zuließen und mit den microscopischen KrySTALLEN des Protoplasmaauszuges identificirt werden konnten, ward die Bestimmung der dritten, in diesem Auszuge beobachteten KrySTALLFORM am Protoplasma-Extract selbst durchgeführt. Zu dem Behuf wurde ein wässriger Auszug des mit Aether erschöpften Protoplasma mit Bleiessig gefällt, entbleit und auf ein kleines Volumen eingedampft; dann mit Oxalsäure von Kalk befreit, abfiltrirt, das Filtrat vollständig zur Trockne eingedampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen, mit gefälltem Kupferoxyd gekocht und abfiltrirt. Die klare blaue Lösung gab, mit viel Alkohol versetzt, einen Niederschlag, der in Wasser gelöst wurde, durch H_2S entkupfert und auf ein kleines Volumen eingedampft; es schieden sich KrySTALLE theils in Nadeln, theils in rhombischen Tafeln aus, welche aus *Kaliumphosphat* bestanden; dieselben waren einfach durch den Alkohol aus der wässrigen Lösung von Kaliumphosphat gefällt worden; daß dies geschieht, zeigt jeder Versuch mit einer Lösung von Kaliumphosphat, welche man mit Alkohol im Ueberschuß versetzt. Das Filtrat des erwähnten Alkoholniederschlags enthielt vielleicht eine Verbindung der oben als Peptonoid bezeichneten Substanz mit Kupfer in Lösung.

Wässriger Auszug von Protoplasma wurde ferner nach vorheriger Einengung direkt mit Alkohol im Ueberschuß gefällt, der Niederschlag löste sich in wenig Wasser zu einer *opalisirenden* Flüssigkeit, welche an sich FEHLING'sche Lösung nicht zu reduciren vermochte;

wenn dagegen diese Flüssigkeit eine Zeitlang mit etwas Schwefelsäure oder Salzsäure gekocht war und darauf mit Natronlauge abgefättigt, so erzeugte sie in heißer FEHLING'scher Lösung eine Ausscheidung von Kupferoxydul, so daß sich das Vorhandensein eines invertirbaren und durch Alkohol fällbaren Kohlenhydrates annehmen liefs. Um diesen Körper in reiner Gestalt zu gewinnen, ward der in Wasser aufgenommene Alkoholniederschlag mit verdünnter Kalilauge gekocht, von Neuem durch Alkohol gefällt und dies Verfahren wiederholt; dadurch liefs sich die Substanz als ein weißes, fast Stärkemehl-artiges, in Alkohol unlösliches Pulver gewinnen, das bereits in kaltem Wasser sich löste. Die Lösung war stark, fast milchig opalisirend und nahm mit sehr verdünnter Jodlösung eine schöne weinrothe Farbe an. Schon dadurch giebt sich die Substanz als *Glycogen* zu erkennen; durch Zusatz von etwas Diastase ward ihre Lösung schon in der Kälte in Traubenzucker umgewandelt. Eine quantitative Bestimmung des Glycogens im Protoplasma ward unter der Voraussetzung versucht, daß aus dem wässrigen Extracte durch Alkohol kein anderer, durch Kochen mit Säure invertirbarer Körper gefällt werde. Die Bestimmung ergab ungefähr 4½ Procent Glycogen in der Trockensubstanz des Protoplasma. Später ward das Glycogen auch nach der Methode von BRÜCKE*) abgetrennt und auch hierbei in Gestalt eines weißen Pulvers erhalten.

Aber auch das alkoholische Filtrat vom Glycogen erhielt durch Kochen mit Säure die Fähigkeit, FEHLING'sche Lösung zu reduciren, ohne daß es gelang, beim Eindampfen desselben und längerem Stehenlassen der gelblichen, syrupösen, süßlich schmeckenden Flüssigkeit eine krystallinische Zuckerart zur Abscheidung zu bringen, auch nicht, nachdem die wässrige Lösung durch Ausfällen mit Phosphorwolframsäure vom Peptonoid befreit worden war. Da es aber ebensowenig jemals gelang, im Protoplasma vom *Aethalium* eine Verbindung aus der Gruppe der Glucoside nachzuweisen, so kann man mit großer

*) HOPPE-SEYLER, phys. chem. Analyse, S. 132.

Wahrscheinlichkeit annehmen, daß im alkoholischen Filtrat vom Glycogen eine amorphe, nicht krySTALLISIRbare Zuckerart in Lösung vorhanden ist, welche leider nicht soweit gereinigt werden konnte, um der Elementaranalyse unterworfen werden zu können; wir wollen dieses muthmaßliche Kohlenhydrat vor der Hand als *Aethaliumzucker* bezeichnen. Wäre thatsfächlich ein Glucosid die Veranlassung der Traubenzuckerbildung nach dem Digeriren mit Säure, so müßte unbedingt auch Traubenzucker im normalen Protoplasma erwartet werden, weil nicht daran zu zweifeln ist, daß die in den Pflanzen vorkommenden Glucoside im natürlichen Verlaufe des Stoffwechsels Traubenzucker abspalten. Der Aethaliumzucker gestattete wiederum unter der Voraussetzung, daß es ein Kohlenhydrat von der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ sei, eine quantitative Bestimmung, die einen Gehalt von etwa 3 Procent dieses Körpers im lufttrockenen Protoplasma von *Aethalium* ergab.

Endlich wurde ein Theil des mit Bleieffig ausgefällten, wäßrigen Extractes auf einen Dialysator gebracht; die durch das Pergamentpapier gegangene Lösung wurde eingengt, dann zur Entfernung des Kalks mit Oxalsäure veretzt, der entstehende Niederschlag von Calciumoxalat abfiltrirt, das Filtrat zur Entfernung überschüssiger Oxalsäure mit Kupferoxyd gekocht, die entstandene blaue Lösung wieder abfiltrirt, mit Schwefelwasserstoff zeretzt, das Schwefelkupfer abfiltrirt, das Filtrat eingengt, mit Knochenkohle behandelt, wieder abfiltrirt und im Exsiccator verdunstet: in der so resultirenden syrupösen Flüssigkeit schieden sich KrySTALLE aus, welche zum Theil unzweifelhaft aus *Asparagin* bestanden. Später wurde eine Portion Protoplasma mit heißem Wasser ausgezogen, das Extract in den Dialysator gebracht, und erst das Diffusat mit Bleieffig ausgefällt, die vom Blei befreite Lösung dann ohne Behandlung mit Oxalsäure direkt eingedunstet; auch bei diesem Verfahren gelangten die erwähnten KrySTALLE in der syrupösen Mutterlauge in reichlicher Menge zur Ausscheidung.

Endlich sei noch einer Beobachtung am wäßrigen Extracte der *Sporen* gedacht. Wenn man den wäßrigen Extract von Sporen mit Bleieffig ausfällt und das entbleite Filtrat im Wasserbade fast zur

Trockne eingedampft, dann mit siedendem Alkohol aufnimmt, so erstarrt das hellgelbliche Alkoholextract beim Erkalten zu einer Gallerte; in derselben erblickt man unter dem Mikroskop kleine Kügelchen, die wohl aus organischen Kalksalzen bestehen. Die Gallerte nimmt beim Stehen an der Luft Wasser auf, und verflüssigt sich wieder mit demselben. Welche Substanz das Gelatiniren veranlaßt, konnte nicht festgestellt werden.

11. Specielle Prüfung auf Ammoniak, Amidosäureamide und Amidosäuren.

(Vergl. die analytischen Belege.)

Bereits oben (S. 9) ward hervorgehoben, daß getrocknetes Protoplasma eine flüchtige Ammoniumverbindung entweichen läßt; man kann dieselbe daraus vollständig frei machen, wenn man das trockene Protoplasma mit Wasser zu einem Brei anrührt, etwas Natronlauge hinzufügt und dann erwärmt. Eine quantitative Bestimmung des Ammoniaks ward im KNOP'schen Azotometer ausgeführt und ergab für lufttrocknes Protoplasma einen Gehalt von 0,12 (Gewichts-) Procent NH_3 .

Ferner wurde schon hervorgehoben, daß nicht nur aus dem mit Wasser oder verdünntem Alkohol gewonnenen Sporenauszuge *Asparagin* in reichlicher Menge auskrySTALLISIRT, sondern daß auch im wässrigen Extracte des Protoplasma, insbesondere, wenn derselbe durch Dialyse von Glycogen befreit ward, AsparaginkrySTALLE zur Auscheidung gelangen. Aber nur das aus den Sporen gewonnene Asparagin konnte durch wiederholtes UmkrySTALLISIREN vollkommen rein erhalten werden; seine Identität war dann leicht zu erweisen aus der charakteristischen KrySTALLFORM, aus dem Gehalt an KrySTALLWASSER und an Stickstoff.

Befondere Beachtung verdient der Umstand, daß das Asparagin in den Sporen in größerer Menge vorhanden zu sein scheint, als in den Plasmodien.

Um das Protoplasma auf das Vorhandensein noch anderer amidartiger Verbindungen zu prüfen, wobei in erster Linie an das nicht

krySTALLISIRBARE *Glutamin* zu denken war, wurde das von ERNST SNIJLZE*) eingeführte Verfahren benutzt, durch welches die Amide zunächst in Amidosäuren verwandelt und diese dann zum AuskrySTALLISIREN gebracht werden.

Zu dem Behufe ward eine grössere Quantität des mit Aether extrahirten Protoplasma mit einer Mischung von gleichen Volumtheilen Alkohol und Wasser ausgezogen, abfiltrirt, das Filtrat auf dem Wasserbade bis zur Verflüchtigung des Alkohols eingedunstet und mit Bleiessig gefällt. Das Filtrat vom Bleiniederschlag ward mit einer geringen Menge Salzsäure einige Stunden lang gekocht, die Flüssigkeit dann mit neutralem essigsaurem Blei im Ueberschuss versetzt und erkaltet. Das abgeschiedene Chlorblei wurde abfiltrirt, das Filtrat auf ein geringes Volumen eingedampft und mit einem grossen Ueberschuss von Alkohol versetzt, worauf ein starker Niederschlag von Bleisalzen entstand, welche abfiltrirt und in Wasser durch SH_2 zerlegt wurden. Die vom Schwefelblei befreite Flüssigkeit wurde bis zur Entfernung des SH_2 gekocht, mit Silberoxyd die Salzsäure daraus entfernt, vom Chlor Silber abfiltrirt, auf dem Wasserbade auf ein kleines Volumen eingedampft und hingestellt. Dieser Gang ward dreimal wiederholt; zweimal bildeten sich in der bräunlichen syrupösen Mutterlauge zahlreiche KrySTALLE, unter dem Mikroskop theils als Blättchen, Schüppchen und Nadeln, theils als grössere Polyeder erscheinend; ein drittes Mal ward die Lösung mit Knochenkohle eingedampft, wodurch jedenfalls viel Substanz verloren ging und wobei ein grösserer Theil der KrySTALLE sich in Nadelform ausschied. Da nach den Angaben von E. SCHULZE**) das KrySTALLISIREN in Blättchen gerade für die *Glutaminsäure* charakteristisch ist, so wurde auf diese Weise wahrscheinlich eine geringe Menge *Glutamin* im Protoplasma nachgewiesen. Leider besitzt die Glutaminsäure keine charakteristischen Reactionen, daher läst sich der Beweis für ihre Identität nur durch die Elementaranalyse erbringen; um die

*) Vgl. namentlich: *Ueber den Eiweissumsatz im Pflanzenorganismus* in: «Landw. Jahrbücher». Herausgegeben von Dr. H. THIEL. Berlin 1880 bei PAUL PAREY.

**) Vgl. E. SCHULZE und J. BARBIERI: *Ueber die Eiweisszersetzung in Kürbiskeimlingen*, Journ. f. prakt. Chemie 1879.

in Rede stehenden Kryftalle jedoch in einer dafür ausreichenden Menge zu gewinnen, würde es nöthig fein, weit größere Mengen Protoplasma auf Glutaminfäure zu verarbeiten, als uns während der ganzen Untersuchung überhaupt zur Disposition gestanden haben. Bei einer so spärlichen Ausbeute ward auch darauf verzichtet, die Mutterlauge der Glutaminfäure noch auf Asparaginfäure zu untersuchen, was ja auch schon deswegen nur von geringem Interesse fein konnte, weil das Asparagin bereits direkt durch AuskrySTALLISIREN nachgewiesen war.

Dagegen ward ein Versuch gemacht, nach der Methode von SACHSSE und KORMANN, die Menge des in Amidform im Protoplasma gebundenen Stickstoffs angenähert zu bestimmen. Die hierbei gefundene Ziffer von 0,30 Procenten ist unzweifelhaft zu hoch, da höchst wahrscheinlich auch ein Theil der peptonartigen Verbindungen seinen Stickstoff bei dem eingeschlagenen Verfahren ebenfalls mit abgegeben hat. Ferner wurde ein wässriger Extract des Protoplasma eine Zeitlang mit Salzfäure im Wasserbade erhitzt, um die Amidofäureamide in Amidofäuren überzuführen; in der so behandelten Substanz liefs sich durch Schütteln mit Bromlauge eine Quantität Stickstoff in Freiheit fetzen, welche 0,20 Gewichtsprocent der lufttrockenen Substanz des Protoplasma entsprach. Von dieser Zahl sind jedoch 0,10 pCt. N abzurechnen, da dieselben schon durch Bromlauge aus dem Protoplasma entwickelt wurden, ohne dafs es mit Salzfäure behandelt war.

Eine specielle Prüfung auf *Leucin* und *Tyrosin* ward ebenfalls nicht unterlassen. Zu dem Ende wurde eine größere Quantität Protoplasma mit Wasser extrahirt, das wässrige Extract bis zur Syrupsconsistenz eingedunstet und der Syrup mit 92 procentigem Alkohol ausgezogen. Hierbei mußte das Leucin bestimmt und wahrscheinlich auch das Tyrosin in den Alkoholauszug übergehen; derselbe ward mit Bleieffig gefällt, das Filtrat vom Niederfchlage entbleit und eingedunstet. Es gelangten keine Leucinkryftalle, ebenfowenig Tyrosin, zur Ausscheidung.

Speciell auf Tyrosin ward noch eine größere Quantität gesammelter Bleieffigniederfchläge verarbeitet, doch ebenfalls mit negativem Erfolge. Kleine Nadeln von Tyrosin-ähnlichem Habitus, die man häufig zur

Ausscheidung bringt, geben nach vorausgegangener Reinigung die so empfindlichen Reactionen des Tyrofin *nicht* und bestehen wohl immer aus Calciumformat.

Endlich sei noch erwähnt, daß, wenn man lufttrocknes Protoplasma im Oelbade auf 110° bis 120° erwärmt, eine flüchtige Verbindung daraus sublimirt, welche sich an den Wänden der Vorlage in langen, glashellen KrySTALLnadeln ausscheidet. Die KrySTALLE sind unlöslich in Alkohol, leicht löslich in Wasser, ihre wässrige Lösung reagirt alkalisch. Der Versuch ward mit dem letzten, in diesem Jahre disponiblen Protoplasma rest angestellt und lieferte zu wenig Substanz, um die Verbindung bestimmen zu können. Ammoniumcarbonat kann es nicht wohl sein, wahrscheinlich eine organische Ammoniumverbindung oder eine Aminbase. Eine weitere Untersuchung dieses Körpers bleibt vorbehalten.

12. Säuren, sofern sie nicht mit Aether extrahirt wurden.

(Vergl. die analytischen Belege.)

Eine Portion mit Aether extrahirtes Protoplasma wurde mit einer Lösung von Natriumcarbonat gekocht, abfiltrirt, und auf folgende Säuren nach bekannten Methoden *vergeblich* geprüft: Schwefelsäure, Salpetersäure, Gerbsäure, Rhodanwasserstoffsäure. Ward diese Lösung eingedampft und geglüht, der Rückstand in Ammoniumhydroxyd aufgenommen, so liefs sich durch die Molybdänreaction leicht *Phosphorsäure* nachweisen. Zur quantitativen Bestimmung der in Form von Phosphaten vorhandenen Phosphorsäure wurde das mit Aether extrahirte Protoplasma durch verdünnte Salzsäure ausgezogen, und auf die Weise ein Gehalt von 1,14 pCt. P_2O_5 in dem lufttrocknen mit Aether extrahirten Protoplasma nachgewiesen.

Chlorwasserstoffsäure wurde in der Asche gefunden, sie ist muthmafslich als Chlornatrium im Protoplasma enthalten.

Kohlensäure ist in grofser Menge vorhanden, sie entweicht aus dem Protoplasma beim Uebergiefsen mit einer verdünnten Säure. Ihre Menge wurde einmal zu 17,07 pCt. der lufttrocknen mit Aether ausgezogenen Substanz bestimmt.

Prüfung auf Ameisensäure und Essigsäure. Eine Portion des getrockneten, mit Aether extrahirten Protoplasma wurde mit Wasser auf dem Wasserbade erwärmt, die Flüssigkeit abgepresst, abtzen lassen und eingeengt. Dieser Extract wurde dann mit Phosphorsäure sauer gemacht und der Destillation unterworfen. Ein Theil des sauer reagirenden Destillats wurde mit Silbernitrat gekocht und durch die Reduction der Silberlösung die Anwesenheit von *Ameisensäure* festgestellt. Das Kochen wurde so lange fortgesetzt, bis keine Reduction des Silbernitrats mehr stattfand, dann die Salpetersäure durch Erwärmen mit Indigo zerstört und diese, noch blau gefärbte Flüssigkeit von Neuem abdestillirt. Auch dies zweite Destillat reagirte sauer, blieb aber beim Kochen mit Silberlösung vollkommen klar. Mit Ammoniumhydroxyd neutralisirt gab es mit Eisenchlorid eine gelbrothe Färbung. Mit Alkohol und Schwefelsäure gekocht, entwickelte es den bekannten Geruch nach Essigäther. Hieraus darf wohl auf die Anwesenheit von *Essigsäure* geschlossen werden. Der Gehalt an diesen beiden flüchtigen Säuren zusammen wurde zweimal (aus Protoplasma, das zu verschiedenen Zeiten gesammelt war) durch Titiren mit normaler Alkalilösung bestimmt und sehr verschieden befunden, auf Essigsäure berechnet, das eine Mal zu 0,38 pCt., das andere Mal zu 0,19 pCt. der lufttrocknen Substanz.

Prüfung auf Milchsäure. 60 g trocknes, mit Aether extrahirtes Protoplasma wurde mit Wasser ausgezogen, die Lösung abgepresst, filtrirt, mit Bleieffig gefällt; dann durch Einleiten von SH_2 entbleit und auf dem Wasserbade concentrirt. Als diese Lösung nunmehr mit SO_4H_2 angesäuert wurde, trat keine Gasentwicklung ein, wodurch die Abwesenheit von Alkalicarbonaten dargethan wird. Dann ward diese Flüssigkeit mehrfach mit Aether ausgeschüttelt, die ätherische Lösung abgegossen und 24 Stunden im verschlossenen Kolben stehen gelassen, wobei sich noch ein Tropfen wässriger Flüssigkeit auf dem Boden ausschied. Der Aether ward dann nochmals abgegossen und durch ein trocknes Filter filtrirt, um Spuren schwefelsäurehaltigen Wassers zu entfernen, dann abdestillirt und der Rückstand so lange

auf dem Wasserbade erwärmt, bis die anfangs stechend nach Ameisensäure riechenden Dämpfe nicht mehr fauer reagierten. Es erstarrte nunmehr eine durch den Farbstoff gelb gefärbte ölige Substanz in geringer Quantität. Mit wenig Wasser aufgenommen, machte sie dasselbe deutlich fauer reagieren. Die Flüssigkeit ward jetzt eine halbe Stunde lang mit Zinkoxyd gekocht, abfiltrirt, mit Thierkohle eingeengt, filtrirt und im Uhrschälchen in den Exsiccator gestellt; es krystallisirten strahlig gruppirte Nadeln, welche nach ihrer mikroskopischen Form mit den charakteristischen Nadeln des *Zinklactats* vollständig übereinstimmen. Hierdurch scheint die Gegenwart von Milchsäure angezeigt zu werden, allerdings in sehr geringer Quantität, so dass eine sichere Verificirung dieser Säure durch eine Zinkbestimmung unmöglich war.

Prüfung auf Bernsteinsäure. Der Bleieffigniedererschlag eines Diffusats, welches aus einer Portion des mit Aether extrahirten Protoplasma mittelst Dialyse erhalten worden war, wurde mit SH_2 zerlegt, abfiltrirt, eingeengt, mit Phosphorsäure angesäuert und mit Aether ausgeschüttelt. Der Aether ward abdestillirt, der Rückstand auf dem Wasserbade bis zur Verjagung der Ameisensäure erwärmt, dann mit wenig Wasser aufgenommen, die fauer reagirende Lösung durch Ammoniumhydroxyd schwach alkalisch gemacht, dann mit Eisenchlorid versetzt. Der entstehende Niederschlag wurde heiß abfiltrirt und mit heißem Wasser gewaschen, dann mit Ammoniumhydroxyd längere Zeit erwärmt, abfiltrirt, das Filtrat mit etwas Chlorammonium und darauf mit etwas Chlorbarium versetzt. Der entstehende Niederschlag von Baryumphosphat wurde heiß abfiltrirt, das Filtrat eingeengt und nach dem Erkalten mit einem großen Ueberschuss von Alkohol versetzt. Anfangs blieb die Lösung vollkommen klar, später schieden sich weiße Krystalle ab, welche jedoch nur aus Chlorbaryum, nicht aus Baryumfuccinat bestanden.

Specielle Prüfung auf Weinsäure, Citronensäure und Aepfelsäure. Zu diesem Zweck wurde eine größere Menge mit Aether extrahirtes Protoplasma mit einer Lösung von Natriumcarbonat 5 bis 6 Stunden auf dem Wasserbade erwärmt, die Lösung ab-

filtrirt und zu einem Syrup eingedampft. Der Syrup ward mit Schwefelsäure angeäuert und mit Bimsteinpulver verrieben im Extractionsapparat von TOLLENS etwa 15 Stunden lang mit Aether ausgezogen. Hierdurch sollen nach SCHLÖSING*) Weinsäure, Apfelsäure und Citronensäure vollkommen in den Aetherextract übergeführt werden. Die ätherische Lösung wurde mit Wasser ausgeschüttelt, die wässerige Flüssigkeit zur Verjagung des Aethers erwärmt, mit einigen Tropfen Essigsäure und dann zur Entfernung der Oxalsäure mit einer Lösung von Calciumacetat versetzt. (Hierbei entstand indessen kein Niederschlag von Calciumoxalat). Die Lösung wurde nunmehr mit essigsaurem Blei versetzt, der entstehende Niederschlag abfiltrirt, mit kaltem Wasser gewaschen und hierauf mit Ammoniumhydroxyd behandelt. Aus der ammoniakalischen Lösung wurde durch einige Tropfen Schwefelammonium das Blei entfernt, das Filtrat unter Zusatz von etwas Natronlauge zur Vertreibung des Ammoniaks eingedampft, der Rückstand mit etwas Wasser aufgenommen und mit Kalkwasser stark alkalisch gemacht. Es schied sich kein Calciumtartrat ab. Darauf wurde die Flüssigkeit mit Ammoniumhydroxyd und Salmiak versetzt und gekocht, wodurch auch kein Calciumcitrat niedergeschlagen wurde. Endlich wurde der kalt gewordenen Lösung Alkohol hinzugefügt, wodurch allerdings ein Niederschlag entstand, aber nicht von Calciummalat, sondern von Gyps, denn der abfiltrirte und getrocknete Niederschlag schwärzte sich nicht beim Erhitzen im einseitig geschlossenen Röhrchen. Es konnte also auf diesem Wege keine der oben genannten Säuren nachgewiesen werden.

Prüfung auf Schwefelsäure. Da in dem mit Natriumcarbonat gewonnenen Auszuge des Protoplasma keine Schwefelsäure nachgewiesen werden konnte, so ward eine ziemlich beträchtliche Portion von lufttrockenem Protoplasma mit Salzsäure extrahirt; war Schwefelsäure in Form von Gyps im Protoplasma vorhanden, so mußte dieser sich in der Salzsäure gelöst haben. Allein auch in dieser Lösung ent-

*) Siehe GRANDEAU: Handbuch für agriculturchemische Analysen 1879. S. 197 ff.

stand durch Zusatz von Chlorbaryum kein Niederschlag, wodurch die *Abwesenheit* von Schwefelsäure dargethan wird *).

Prüfung auf Oxalsäure. Protoplasma, welches mit Aether, Alkohol und Wasser erschöpft war, ward mit verdünnter Salzsäure in der Wärme digerirt, der Säureauszug filtrirt, dann etwas eingedampft.

Dieser Auszug ward nun, ohne das Chlorcalcium zu entfernen, zwei Monate in der Kälte stehn gelassen. Nach Verlauf dieser Zeit hatten sich am Boden des Gefäßes große, durchsichtige rhombische Tafeln ausgeschieden, welche, in reines Wasser gebracht, sich trübten, beim Glühen auf Platinblech nur eine flüchtig vorübergehende Schwärzung zeigten, dennoch aber nach dem Glühen in verdünnter HCl unter Entwicklung von Glasblasen sich lösten. Diese Krystalle bestanden aus einem Doppelsalz von Chlorcalcium und Calciumoxalat **).

Der Salzsäureauszug enthielt nach Entfernung des Chlorcalciums und Calciumoxalats noch Phosphate, sicher Calciumphosphat, höchst wahrscheinlich auch Magnesiumammonphosphat in Lösung, die jedoch nicht auskrystallisirten.

13. Farbstoffe.

Das Protoplasma von *Aethalium* verdankt seine lebhaft gelbe Farbe einem in Wasser, Alkohol und Aether löslichen Pigment. Dasselbe bleibt beim Verdunsten des Lösungsmittels als amorphe, orangegelbe Masse zurück, aus der wässrigen Lösung läßt er sich mit Aether ausschütteln. Auch in den Auszügen der Sporen ist dieser gelbe Farbstoff vorhanden. In ziemlich concentrirter, alkoholischer Lösung absorbirt derselbe die ganze stärker brechbare Hälfte des Spectrums,

*) In unserer vorläufigen Mittheilung haben wir Spuren von Calciumsulfat erwähnt; diese Angabe stützt sich auf eine einmalige Beobachtung, wo durch Chlorbaryum in einem Protoplasmaextract ein schwacher Niederschlag erhalten worden war. Da aber in zahlreich untersuchten anderen Proben diese so empfindliche Reaction nicht wieder eintrat, so hat dem einen namhaft gemachten Falle wohl nur eine zufällige Verunreinigung der Probe durch eine Spur von Gyps zu Grunde gelegen.

**) Vergl. HOPPE-SEYLER: Handb. der physiol. chem. Analyse S. 99.

etwa von der Wellenlänge 0,000520 an, ohne daß im übrigen Spectrum characteristische Absorptionsmaxima hervortreten. —

Wenn in den jungen, noch aus Protoplasma bestehenden Fruchtkörpern die Bildung der Sporen beginnt, so werden an der Oberfläche der Fruchtkörper häufig große, farblose oder hellgelbliche Tropfen ausgeschieden, die beim Eindampfen und Erhitzen auf Platinblech einen organischen Rückstand und Asche hinterließen. Diese Tropfen färbten sich an der Luft anfangs hell, dann dunkel purpurroth und hinterließen beim Eintrocknen einem blauschwarzen Fleck. Unzweifelhaft wird hier in den jungen Fruchtkörpern zunächst ein farbloses Chromogen gebildet, welches dann, vielleicht durch Oxydation, jenen blauschwarzen, in der Sporenmembran aufgespeicherten Farbstoff liefert, welcher durch kein Lösungsmittel sich daraus gewinnen läßt.

14. Der Bleiessigniederschlag des wässrigen Auszuges.

Der im wässrigen Protoplasma-Extrakte durch Bleiessig erzeugte Niederschlag ward getrocknet, fein zerrieben, in Wasser aufgeschlemmt, mit Schwefelwasserstoff zerlegt und abfiltrirt. Aus dem Filtrat hatten sich nach einigen Tagen Krytalle abgeschieden, welche sich als doppelbrechend erwiesen und beim Erhitzen auf dem Platinblech keine Kohle abschieden, sondern nur trübe wurden. In Salzsäure lösten sie sich unter Entwicklung von Gasbläschen. In der Lösung gab Ammoniumoxalat nach dem Neutralisiren einen Niederschlag von Calciumoxalat. Hiernach bestanden die fraglichen Krytalle aus Calciumcarbonat, welches wahrscheinlich als Bicarbonat in Lösung gegangen war.

Die Lösung ward von den Kalkkrytallen abgegossen, eingedampft, der Rückstand mit absolutem Alkohol ausgezogen. Der Alkoholauszug hinterließ, auf dem Wasserbade getrocknet, nur wenig feste Substanz, welche, mit Natrium verbrannt, Stickstoffgehalt zu erkennen gab und beim Glühen auf dem Platinblech eine weiße Asche hinterließ; die letztere stammt wahrscheinlich zum Theil von etwas Calciumformat, auch waren die wässrigen Lösungen, aus denen der Bleiessigniederschlag gewonnen wurde, selten vollkommen klar, sondern enthielten meistens etwas Calcium-

carbonat suspendirt, welches mit in den Bleieffigniederschlag gerieth. Der Rest des Rückstandes wurde mit wenig Salpetersäure aufgenommen und an der Luft eingedunstet, wobei sich kleine Kryrstalle ausschieden, deren Identität nicht wohl festzustellen war, die aber vielleicht den Verbindungen der Sarkingruppe angehörten.

Der in Alkohol nicht lösliche Theil des Bleieffigniederschlags ward wieder mit Wasser aufgenommen, ein Theil dieser Lösung gab auf Zusatz von Alkohol eine flockige Fällung, mit Salpetersäure keinen Niederschlag, mit Essigsäure und Ferrocyankalium einen weißen Niederschlag, mit dem MILLON'schen Reagens einen weißen Niederschlag, der sich im Ueberschuß dieses Reagens beim Erhitzen mit rother Farbe löste; mit Natronlauge und Kupfersulfatlösung aber keine Biuret-Reaction erkennen liefs. Trotz dieses letzten Umstandes wollen wir nicht anstehen, einen beträchtlichen Gehalt an *Pepton* in dem Niederschlage anzunehmen, da die Biuretfärbung leicht durch den gelben Farbstoff der Substanz verdeckt werden konnte.

Ein anderer Theil der Lösung ward mit Kupferacetat gefällt, der entstehende Niederschlag abfiltrirt, mit Wasser ausgewaschen, darauf in sehr verdünnter Salzsäure gelöst, durch Einleiten von Schwefelwasserstoff entkuppert, die Lösung vom Schwefelkupfer abfiltrirt, das Filtrat eingeengt und zum KrySTALLISIREN hingestellt; nach einiger Zeit hatten sich kleine Krystalldrusen ausgeschieden, welche aus einer Verbindung von *Guanin* mit Salzsäure bestanden.

Das Filtrat vom Kupferniederschlage ward nach Behandlung mit H_2S und Filtration eingeengt und an der Luft stehen gelassen; nach längerer Zeit gelangten zweierlei KrySTALLISATIONEN zur Ausscheidung. Zunächst zeigten sich in der Lösung suspendirt lange, äusserst feine haarförmige Nadeln; dieselben waren selten gerade, sondern meistens geschlängelt, selbst lockenförmig gekräuselt, oder wie eine gebrochene Linie aus mehreren geraden Stücken zusammengesetzt; endlich konnten auch zahlreiche gerade Nadeln von einem Centrum ausstrahlen. Die Ausbente an dieser Verbindung war zu gering, um eine analytische Untersuchung zuzulassen, und aus der microskopischen KrySTALLFORM

konnte die Identität nicht festgestellt werden; am meisten Aehnlichkeit dürften mit dieser Substanz die feinen Nadeln der Kynurenensäure besitzen.

Die zweite in dieser Lösung zur Auscheidung gelangende KrySTALLform bildete microscopische, weisse Drusen, aus radialen Nadeln gebildet. Dieselben konnten durch Abpressen der Mutterlauge und UmkrySTALLfieren einigermassen gereinigt werden, obgleich dabei der grössere Theil der an sich nur spärlich gewonnenen Substanz verloren ging. In feiner zweiten KrySTALLfation bildete der Körper zum Theil Büschel von Nadeln, die zu zweien von einem Punkte nach entgegengesetzter Richtung ausstrahlten, dazwischen wieder sphärische Drusen. Die SCHERER'sche Leucin-Reaction gab dieser Körper nicht, ebenso wenig die HOFFMANN'sche Reaction auf Tyrosin und die SCHERER'sche Reaction auf Inosit. Für eine Analyse war aber die erhaltene Ausbeute der Substanz viel zu gering, selbst wenn sie völlig rein gewesen wäre. Da die KrySTALLe beim Verbrennen kalkhaltige Asche hinterliessen, so dürften sie wenigstens theilweise aus Calciumformat bestanden haben, welches uns in fast allen wässrigen Lösungen des Protoplasma begegnete.

Der Bleieffigniederschlag des wässrigen Auszuges der *Sporen* wurde in gleicher Weise durch H_2S zerlegt, das Filtrat vom Schwefelblei ward eingedampft bis zur Syrupsconsistenz und dann mit Alkohol behandelt, welcher sehr wenig davon aufnahm; diese alkoholische Lösung lieferte nach Behandlung mit Salpetersäure beim Verdunsten kleine KrySTALLdrusen. Der Rückstand löste sich sowohl im Wasser als auch in concentrirter Essigsäure; in der essigsauren Lösung bewirkte Ferrocyankalium einen weissen Niederschlag. In der wässrigen Lösung gab Natronlauge und Kupferfulfat keine Biuret-Reaction, auch Gerbsäure keinen Niederschlag, ebensowenig Salpetersäure; Essigsäure und concentrirte Schwefelsäure bewirkten eine dunkelgelbe Färbung der Lösung. Dagegen erzeugte MILLON's Reagens in der Kälte einen weissen Niederschlag, der sich beim Erwärmen roth färbte und im Ueberschuss des Fällungsmittels mit rother Farbe löste. Es scheint demnach hier

der gleiche Körper vorhanden zu sein, welcher oben als Pepton bezeichnet wurde.

Ein Theil der wässrigen Lösung wurde mit neutralem Kupferacetat erwärmt, der entstehende Niederschlag abfiltrirt und mit Wasser gut ausgewaschen, dann in Salzsäure gelöst und durch Schwefelwasserstoff vom Kupfer befreit, vom Schwefelkupfer abfiltrirt und die Lösung eingedunstet; es schieden sich Kryktalle von salzsaurem Guanin ab.

15. Specielle Prüfung auf die Verbindungen der Sarkingruppe.

Nachdem bei der Analyse der Bleieffigniederschläge die Anwesenheit von Guanin erkannt war, wurde zu einer speciellen Prüfung auf die drei in der Regel zusammen vorkommenden Verbindungen Sarkin, Xanthin und Guanin geschritten.

Getrocknetes Protoplasma wurde mit Wasser ausgezogen, mit Bleieffig gefällt und vom Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat entbleit und eingedunstet. Der hygroscopische Rückstand wurde durch Hinzufügen von Ammoniak stark alkalisch gemacht und mit Silbernitrat versetzt. Es entstand ein Niederschlag, der nach dem Absetzen auf einem Filter gesammelt und dann in kochender verdünnter Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1,1 gelöst wurde. Nach mehrstündigem Stehen schieden sich in der erkalteten Lösung feine Kryktalldrüsen aus, welche unter dem Microskop die charakteristische Kryktallform des *salpetersauren Sarkin-Silber* zeigten. Der Bleieffigniederschlag ward in bekannter Weise zerlegt, die erhaltene Lösung mit Kupferacetat gefällt, der Niederschlag in HCl gelöst, entkupfert, vom Schwefelkupfer abfiltrirt; beim Eindunsten schieden sich Kryktalldrüsen ab, welche unter dem Microskop die Form des *salzsauren Guanin* zeigten. Diese Kryktalle wurden der kürzlich von CAPRANICA*) angegebenen Guanin-Reaction mit Picrin-Säure unterworfen, und aus der im Urgläschen verdunsteten Lösung schieden sich die charakteristischen Kryktalle von Guanin-Picrat als außerordentlich feine orangegelb ge-

*) Zeitschrift für physiologische Chemie. IV. S. 233.

färbte Nadeln ab, welche von einzelnen Punkten strahlenförmig divergerten.

Eine Prüfung auf *Xanthin* wurde auf solche Weise vorgenommen, daß sich die von diesem Körper zu erhaltende Ausbeute bestimmen ließe. Zu dem Ende wurden 45 g des mit Aether extrahirten Protoplasma eine halbe Stunde lang im Wasserbade mit 250 g ammoniakalischen Wassers erwärmt, nach dem Erkalten wieder aufgefüllt, abfiltrirt und 150 ccm des Filtrats mit Bleieffig ausgefällt, abfiltrirt und der Bleiniederschlag mit kaltem Wasser ausgewaschen. Derselbe ward dann, in Wasser aufgeschlemmt, mit Schwefelwasserstoff zerlegt, das Filtrat vom Schwefelblei auf ein kleines Volumen eingedunstet, mit Ammoniak alkalisch gemacht und mit salpetersaurem Silber gefällt. Der Niederschlag ward abfiltrirt, mit ammoniakalischem Wasser ausgewaschen und mit verdünnter Salpetersäure (vom specif. Gew. 1,1) vom Filter abgespritzt, durch Kochen gelöst und dann erkalten gelassen. Es schied sich ein flockiger Niederschlag aus, welcher, wie die mikroskopische Untersuchung zeigte, aus äußerst feinen KrySTALLNadeln bestand. Der Niederschlag ward auf einem Filter gesammelt und darin aus einer Silberbestimmung ein Gehalt von annähernd 0,00177 g Xanthin nachgewiesen, woraus sich ein Gehalt von 0,006 pCt. des lufttrocknen mit Aether extrahirten Protoplasma berechnet.

16. Prüfung auf Eiweißstoffe, Nuclein, Pepsin.

Bereits oben (S. 11) haben wir gesehen, daß im ausgepressten Enchylema des Protoplasma Eiweißstoffe enthalten sind; es war nunmehr nothwendig, einerseits die nähere Beschaffenheit dieser Körper festzustellen, andererseits die Gerüstsubstanz zu prüfen, ob auch sie noch Eiweißstoffe enthalte oder gar aus solchen Verbindungen im Wesentlichen zusammengesetzt sei.

Zunächst wurde frisches Protoplasma mit einer größeren Menge Wasser verrieben, dann abfiltrirt; das klare, bräunliche Filtrat coagulirte beim Kochen und färbte sich gelb mit Salpetersäure. Dieser Versuch war aber keineswegs entscheidend für die Natur der fraglichen,

in Lösung gehenden Eiweissstoffe; dieselben konnten hier noch ebenso wohl aus Albumin wie aus Globulin bestehen, welche durch die Salze des Enchylema in Lösung gehalten wurden.

Es ward nunmehr ganz frisches Protoplasma mit einer 10 procentigen Lösung von Chlornatrium in der Kälte verrieben und die Flüssigkeit abfiltrirt.

Die Chlornatrium-Lösung war gelblich gefärbt aber klar, sie reagirte alkalisch und liefs beim Erhitzen Coagula von Eiweissstoffen fallen.

Es wurden jetzt in frische (nicht erwärmte) Lösung Steinsalzstücke bis zur Sättigung eingetragen; es erfolgte ein flockiger Niederschlag von *Myofin* in relativ geringer Quantität.

Zu der nunmehr concentrirten Chlornatrium-Lösung ward kohlensäurehaltiges Wasser im grossen Ueberschufs gegeben; es entstand ein reichlicher Niederschlag von *Vitellin*, zugleich erwies sich hierdurch, dafs sämmtliche Eiweissstoffe ausgefällt waren; denn in dem Filtrat vom Vitellin entstand beim Kochen selbst nach Zusatz von Essigsäure und Salpetersäure keine Trübung; damit dürfte das Vorhandensein von Albumin ausgeschlossen sein. Ebenfowenig gelingt es aber, aus dem Rückstande des mit 10 procentiger Kochsalzlösung ausgezogenen Protoplasma mit kaltem Wasser einen Eiweissstoff zu extrahiren. Da nun dieser Rückstand auch bei längerer Digestion mit 0,2 procentiger Kalilauge und mit Salzsäure von ungefähr der gleichen Concentration*) keine Eiweissstoffe an diese Lösungsmittel abgiebt, so sind, wenn man die Löslichkeit für den Begriff eines Eiweissstoffes postulirt, die erwähnten Globulinsubstanzen die beiden einzigen, im Protoplasma von *Aethalium* enthaltenen Eiweissstoffe.

Der grössere Theil der unlöslichen Gerüstsubstanz des Protoplasma besteht aus einem, in der chemischen Zusammensetzung den Eiweissstoffen nahe stehenden, aber unlöslichen Körper, den wir als *Plastin* bezeichnen wollen.

*) Dieselbe wurde natürlich so oft gewechselt, bis alles Calciumcarbonat in Chlorkalcium verwandelt war.

Es ward eine Stickstoff-Bestimmung in dem in siedender, stark verdünnter Essigsäure *unlöslichen Theile* des Protoplasma vorgenommen. Dieselbe ergab 4,32 pCt. N in der mit Aether extrahirten Trockensubstanz, woraus sich nach der Multiplication mit dem gebräuchlichen Coefficienten 6,25 ein Gehalt von 25,36 pCt. Eiweißstoffen in der Trockensubstanz des Protoplasma ergeben würde; diese 25,36 pCt. würden aus den Globulinen und dem Plastin gebildet sein, wenn nicht ein geringer Theil davon auf ungelöstes Nuclein entfällt. Der Coefficient 6,35 kann aber für Aethalium unmöglich zutreffen, wir kommen darauf unten zurück.

Ein in warmem, verdünntem Alkohol löslicher Eiweißstoff konnte im Protoplasma von Aethalium nicht aufgefunden werden.

Um das Plastin genauer untersuchen zu können, ward der Pressrückstand des frischen Protoplasma (vergl. S. 9), von welchem eine Probe weder an 0,2 procentige Kalilauge, noch an 0,2 procentige Salzsäure eine eiweißartige Substanz abgab, so lange mit sehr verdünnter HCl digerirt, bis kein CO₂ mehr entwich, hierauf andauernd mit Wasser ausgewaschen, abgepresst, der Rückstand nochmals mit Wasser ausgekocht und bei 100° getrocknet, endlich mit Aether und Alkohol bis zur Erschöpfung extrahirt. Das so erhaltene Präparat, welches nicht als absolut rein angesehen werden konnte, da z. B. einige von der Pressleinwand herrührende Fäferchen sich aus demselben nicht entfernen ließen, auch etwas Nuclein beigemischt sein dürfte, (wenn dieses nicht in dem alkalisch reagirenden Enchylema gelöst enthalten ist, wie man vermuthen könnte), erwies sich beim Glühen auf Platinblech als beinahe aschenfrei; es ward der Elementaranalyse unterworfen und ergab im Mittel folgende Zusammensetzung:

C = 53,49 pCt.

H = 7,22 „

N = 11,92 „

Außerdem ergab sich ein nicht genau bestimmter Gehalt an S, P, und selbstverständlich an O.

Selbst wenn wir den Stickstoffgehalt auf 12 pCt. abrunden, —

eine höhere Veranschlagung dürfte trotz der wenigen Leinwandfasern unstatthaft sein — so ergibt sich doch für das *Plastin* ein viel geringerer Gehalt an Stickstoff, als für die bisher bekannten Eiweißstoffe, welche entweder 16 pCt. oder 18 pCt. davon enthalten. Ebenfowenig aber stimmt dieser Stickstoffgehalt zur Formel des Keratin, Elastin oder Leim. Wenn man nun auch gewiß das *Plastin* nicht als ein Gerinnungsprodukt der Globulinsubstanzen betrachten darf, so scheint doch diese, unter den Bestandtheilen des Protoplasma vielleicht wichtigste Verbindung entweder den Eiweißstoffen sehr nahe zu stehen, oder als ein wirklicher, aber sehr stickstoffarmer Eiweißstoff betrachtet werden zu müssen, dann aber unter den Eiweißstoffen eine Annäherung an das relativ stickstoffarme Nuclein zu zeigen.

Vielleicht ist das *Plastin* auch eine Verbindung eines typischen Eiweißstoffes mit einer organischen Phosphorverbindung.

Beim Kochen mit stärkeren Alkaliën löst das *Plastin* sich vollständig und wird durch Säuren aus dieser Lösung wieder gefällt.

Nehmen wir den Gesammtstickstoff des lufttrockenen Protoplasma zu 5,3 pCt. an, rechnen wir davon auf nicht eiweißartige Verbindungen, 1 pCt. auf Globulinsubstanzen, so verbleiben für das *Plastin* 3,3 pCt. Setzen wir nun weiter den Stickstoffgehalt des *Plastin* zu 12 pCt. an, so müßten wir die 3,3 pCt. N mit dem Coefficienten 8,3 multipliciren, um die Menge des im lufttrocknen Protoplasma enthaltenen *Plastins* zu bestimmen; es würde sich daraus annähernd der Betrag von 27,4 pCt. *Plastin* im lufttrocknen Protoplasma berechnen.

Prüfung auf Nuclein. Frisches Protoplasma, welches 24 Stunden lang mit Alkohol in der Kälte digerirt war, wurde mit Wasser verrieben und abgepreßt, und dies Verfahren mehrfach wiederholt. Dann ward die Substanz mit einprocentiger Natronlauge zusammengerührt, auf ein Filter gebracht und abtropfen gelassen; die hindurchlaufenden Tropfen fielen in einprocentige Salzsäure, in welcher jeder Tropfen sofort einen gelblichweißen Niederschlag bildete, welcher Phosphor enthielt und wohl zum Theil aus *Nuclein* bestehen dürfte. Die für diesen Versuch verwendete Protoplasamenge war zu gering, um den

HCl-Niederschlag weiter verarbeiten zu können, wir gelangten jedoch im Laufe des letzten Sommers nicht wieder in den Besitz von frischem Protoplasma, um diese Prüfung vervollständigen zu können. Wenn ein Gehalt an Nuclein im Protoplasma von *Aethalium* auch wahrscheinlich ist, so bleibt doch der bestimmte Nachweis desselben, welcher nur durch die Elementaranalyse geführt werden kann, der Zukunft vorbehalten.

Prüfung auf Pepsin. Frisches Protoplasma ward mit Glycerin verrieben und einige Tage digerirt, darauf filtrirt. 5 *ccm* des Glycerinauszuges wurden mit 15 *ccm* einer 0,36 procentigen Salzsäure gemischt und darin ein kleiner Würfel von gekochtem Hühnereiweiß am Tage bei Brutwärme digerirt, welche während der Nacht herabfank. Erst nach mehreren Tagen war der Eiweißwürfel theilweise in der absolut klaren Flüssigkeit gelöst und der Rest desselben sehr durchscheinend geworden.

Die im Glycerinextract enthaltene Substanz ward mit Alkohol ausgefällt; der mit Wasser angerührte Niederschlag vermochte frische Milch auch bei längerem Stehenlassen und bei gelinder Erwärmung nicht zu coaguliren: Abwesenheit eines Labfermentes.

17. Zusammenstellung der wichtigeren Ergebnisse.

Um einen zusammenfassenden Ueberblick über die wichtigeren Ergebnisse der im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchung zu gewähren, erschien es uns zweckmäßig, eine Abschätzung der verschiedenen von uns im Protoplasma von *Aethalium septicum* nachgewiesenen Substanzen oder Substanzgruppen nach ihren relativen Mengenverhältnissen vorzunehmen, wobei die ausgeführten quantitativen Bestimmungen als Anhaltspunkte dienten. Ausdrücklich beansprucht dieser Versuch nur den Werth einer *Schätzung* der quantitativen Zusammenfetzung des Protoplasma, wenn auch einer Schätzung, die im Allgemeinen der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen dürfte. Eine genaue quantitative Analyse des Protoplasma nach seinen chemischen Individuen im strengeren Sinne des Wortes kann es kaum geben;

denn das Protoplasma ist keine Verbindung im chemischen Sinne, sondern ein Gemenge, dessen einzelne Bestandtheile einem ununterbrochenen Wechsel unterworfen sind, so daß ihre relative Quantität sich fortwährend gegen einander verschiebt. Daher würde die wirkliche Feststellung der quantitativen Zusammensetzung für einen einzelnen gegebenen Zeitpunkt einen nur relativ geringen Werth besitzen, der jedenfalls nicht im Verhältniß zu der Mühe stehen würde, die eine solche genaue Analyse erfordern müßte. Aber ganz abgesehen davon würde eine solche Analyse mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln der Forschung überhaupt nicht durchführbar sein.

Wenn wir nun in Erwägung ziehen, daß die von uns ausgeführten Bestimmungen nur mehr oder weniger angenäherte Werthe ergaben, wenn wir ferner berücksichtigen, daß der Gehalt an Asche, an Aetherextract u. s. w., in Protoplasmaproben, die zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten gesammelt waren, nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterliegt, so glaubten wir bei der nachfolgenden Abschätzung, in welcher alle unserer Beobachtung zugänglichen Momente Berücksichtigung fanden, ziemlich frei mit den gewonnenen Zahlen schalten zu dürfen. In einigen Fällen schloßen sich dieselben genau den mitgetheilten quantitativen Bestimmungen an; in anderen Fällen, z. B. bei Schätzung des Gehaltes an Amidverbindungen, glaubten wir der zur Anwendung gekommenen Bestimmungsmethode so wenig Zutrauen schenken zu dürfen, daß wir an die durch sie gelieferten Zahlen uns fast garnicht gehalten haben; und dennoch hat jene Methode in neuerer Zeit sich ausgedehnter Anwendung in der physiologischen Chemie zu erfreuen gehabt.

**Annähernde Zusammensetzung des lufttrocknen Protoplasma von
Aethalium septicum.**

Name der im Protoplasma enthaltenen Substanzen	pCt.
Wasser	4 80
Pepfin und Myofin	1,00
Vitellin	5,00
Plastin	27,40
Guanin	} zusammen 0,01
Xanthin	
Sarkin	
Ammoniumcarbonat	0,10
Asparagin und andere amidartige Substanzen	1,00
Peptone und Peptonoid	4,00
Lecithin	0,20
Glycogen	4,73
Aethaliumzucker	3,00
Calciumverbindungen der höheren fetten Säuren	5,33
Calciumformat	} zusammen 0,42
Calciumacetat	
Calciumcarbonat	27,70
Chlornatrium NaCl	0,10
Bikaliumphosphat $\text{PO}_4\text{K}_2\text{H}$	1,21
Eisenphosphat PO_4Fe (?)	0,07
Magnesiumammoniumphosphat $\text{PO}_4\text{NH}_4\text{Mg}$	1,44
Tricalciumphosphat $\text{P}_2\text{O}_5\text{Ca}_3$	0,91
Calciumoxalat	0,10
Cholesterin	1,40
Fettsäuren im Aetherextract	4,00
Harz	1,00
Glycerin, Farbstoff u. A.	0,18
Unbestimmte Substanzen	5,00
	100,00

Die in vorstehender Tabelle aufgeführten Zahlen sind also zum großen Theil, was ihren *absoluten* Werth anbetrifft, ungenau; dennoch wird man aus ihnen eine angenähert richtige Vorstellung über die

relative Menge der betreffenden Verbindungen im Protoplasma von *Aethalium* gewinnen können. Wir wollen z. B. annehmen, wir hätten den Gehalt an *Harz* viel zu hoch veranschlagt, es sei thatfächlich davon statt 1 pCt. nur etwa 0,5 pCt. vorhanden: *dies würde ein absoluter Fehler im Betrage von 50 pCt. sein.* Wenn wir jedoch den wirklichen und den veranschlagten Harzgehalt auf die gefammte Trockensubstanz beziehen, so dividirt sich der Fehler durch 100, er beträgt *relativ* nur 0,5 pCt., und wird es von ziemlich untergeordnetem Interesse sein, zu wissen, ob 0,5 pCt. oder 1 pCt. in einer gegebenen Probe getrockneten Protoplasma's enthalten waren, besonders, wenn der Durchschnittswerth etwa zwischen beiden Zahlen in der Mitte liegen sollte. Aus diesem Gesichtspuncte sind sämmtliche Zahlen der vorstehenden Tabelle zu betrachten.

Was die in der Tabelle aufgeführten anorganischen Verbindungen anlangt, so wurden dieselben im Allgemeinen aus den Ergebnissen der Aschenanalysen gefolgert, indem wir uns vorstellten, es seien die verschiedenen Aschenbestandtheile in Lösung durcheinander gemengt, wobei sich aus der Natur der Säuren und Metalle ein annähernd zu treffender Schluß dafür ziehen läßt, wie dieselben sich wechselseitig mit einander verbinden.

III. Analytische Belege.

1. Aschenanalysen.

Was zunächst die Darstellung der Asche anbetrifft, so mußte Sorge getragen werden, daß die Temperatur beim Veraschen möglichst niedrig gehalten wurde, damit kein Verlust an Alkalien entstand. Die Veraschung wurde deshalb entweder in einer durch Gas heizbaren Muffel, welche eine bequeme Regulirung der Temperatur gestattete, vorgenommen, oder über einer kleinen Weingeistflamme

ausgeführt. Es wurde nie höher als bis zur ganz dunklen Rothgluth des Tiegels oder der Platinschale, worin sich die zu veraschende Substanz befand, erhitzt. Dabei war es natürlich nicht möglich, die Asche völlig kohlefrei zu erhalten und es mußte deshalb die Kohle in derselben noch besonders bestimmt werden. Zu dem Ende wurde die ganze Asche oder, wenn dies zuviel war, eine Durchschnittsprobe derselben, in Salz- oder Salpetersäure aufgelöst und die unlösliche Kohle auf einem vorher mit Salzsäure gut ausgezogenen und nach dem Auswaschen bei 110° bis zum constanten Gewicht getrockneten Filter gefammelt, ausgewaschen und abermals bei 110° getrocknet. Das Gewicht der Kohle wurde dann von dem Gewicht der Rohasche abgezogen und der Rest als »kohlefreie Asche« in Rechnung gebracht. Wenn mit Hülfe dieser Methode richtige Resultate erhalten werden sollen, so muß die Veraschung natürlich so lange fortgesetzt werden, daß in der Asche nur noch reine Kohle und keine unvollkommen verbrannte in Wasser und Säuren lösliche organische Producte zurückblieben. Die Lösung der Asche mußte deshalb, da keine eine Färbung bedingende Stoffe in derselben enthalten waren, vollkommen wasserklar erscheinen.

Da das lufttrockne Protoplasma etwa 30 pCt. Asche enthielt und diese zum größten Theil aus Calciumcarbonat bestand, so wurden keine besonderen Vorichtsmaßregeln getroffen, um einer Reduction und einem damit verbundenen Verlust von Phosphor- und Schwefel-Verbindungen vorzubeugen.

Die Aschenmengen der lufttrocknen Substanz (siehe Abschnitt II, 6) des Protoplasma, wenn es zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten gefammelt war, schwankt, wie folgende Uebersicht der einzelnen Bestimmungen zeigt.

Aschenbestimmungen.

Nummer des Protoplasma	Angewandte lufttrockne Substanz	Erhaltene Rohasche	Kohle in der Rohasche		pCt. Rohasche	pCt. kohlefreie Asche
	g	g	g	pCt.		
I.	9,7660	2,9324	0,0254	0,87	30,02	29,77
	21,3316	6,3706	*)	1,24	29,86	28,62
II.	1,2121	0,3997	—	—	32,97	—
III.	1,9941	0,5505	0,0020	0,36	27,61	27,51
IV.	2,7009 g lufttrocknes Protoplasma, welches mit Aether extrahirt war, gab 1,1783 g Rohasche mit 0,0041 g Kohle, entsprechend 43,48 pCt. kohlefreie Asche der mit Aether extrahirten oder 40,87 pCt. kohlefreie Asche der aether-extracthaltenden Substanz.					

Zu der quantitativen Bestimmung der einzelnen in der Asche enthaltenen Stoffe ist Folgendes zu bemerken.

Die Kohlen säure wurde durch Salz- oder Salpetersäure ausgetrieben, durch ein Chlorcalciumrohr getrocknet und in einem vorgelegten Kaliapparat aufgefangen.

Die Phosphorsäure wurde in einer besonderen Portion der Asche aus salpetersaurer Lösung durch eine Lösung von Molybdänsaurem Ammon in Salpetersäure ausgefällt und nach der bekannten Methode in Magnesiumpyrophosphat übergeführt.

Die Schwefelsäure wurde aus salzsaurer Lösung mittelst Chlorbaryum, das Chlor aus salpetersaurer Lösung durch Silbernitrat niedergeschlagen.

Eisenoxyd, Kalk und Magnesia wurden in einer Portion bestimmt. Da die Asche viel mehr Phosphorsäure enthielt als zur Bindung des gesammten Eisens erforderlich, so durfte angenommen werden, daß in der Lösung das ganze Eisen als Phosphat vorhanden war. Die salzsaure Lösung der Asche wurde deshalb zur Abscheidung des Eisenphosphats mit kohlensaurem Natrium neutralisirt, mit Essigsäure

*) 1,1484 g dieser Asche gaben 0,0142 g Kohle oder 1,24 pCt. Kohle der Rohasche,

angefäuert und mit essigsaurem Natrium gekocht. Der heiße abfiltrirte Niederschlag kam nach Abzug der Filterasche als FePO_4 in Rechnung.

Aus der essigsauren Lösung wurde der Kalk durch oxalsaures Ammon abgetrennt, abfiltrirt, gewaschen und im Gasgebläse bis zum constanten Gewicht geglüht, die Magnesia aber aus der vom oxalsauren Kalk abfiltrirten und ammoniakalisch gemachten Flüssigkeit durch Natriumphosphat präcipitirt.

Die Bestimmung der Alkalien geschah in verschiedener Weise. Einmal wurde die salzsaure Lösung der Asche mit Kalkmilch neutralisirt, vom entstandenen Niederschlag abfiltrirt, aus dem Filtrat durch Ammoniak und oxalsaures Ammon Kalk und Magnesia entfernt, eingedampft, bis zur Verflüchtigung der Ammoniaksalze erhitzt und die Chloralkalien gewogen. Da aber das Auswaschen des dicken Kalkniederschlags und das Verjagen der großen Menge von Ammoniaksalzen Schwierigkeiten bietet, so wurde das andere Mal die Asche zunächst mit Wasser gekocht und dann auf dem Filter mit heißem Wasser vollkommen erschöpft. Da in der Asche keine unlösliche Alkaliverbindung enthalten sein konnte, so mußten auf diese Weise alle Alkalien in Lösung gehen. Die Lösung wurde mit Schwefelsäure angeäuert um die Alkalien als schwefelsaure Salze zu erhalten, dann mit Kalkwasser neutralisirt und weiter behandelt wie das erste Mal. In den schwefelsauren Alkalien wurde die Schwefelsäure bestimmt.

Eine Trennung der Alkalien ist nicht vorgenommen. In der Analyse II ist das Kali und das Natron aus dem Gesamtgewicht der schwefelsauren Alkalien und dem Gewicht der darin enthaltenen Schwefelsäure berechnet.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Resultate zweier Analysen der Asche des Protoplasma Nr. I.

Aschenanalysen.

Name der in der Asche enthaltenen Ver- bindungen	Angewandte Roh- asche in g	Kohle in der ange- wandten Rohasche	Kohle in der ange- wandten Rohasche in pCt.	Kohlefreie Asche in g	Aufgelöst in cm Flüssigkeit	Angewandte cm der Lösung	Erhaltene Verbindung		pCt. der kohlefreien Asche
							g	Formel	
I.									
Kohlenfäure CO_2 .	2,9324	0,0254	0,87	2,9070	250	250	1,0464	CO_2	35,99
Phosphorfäure P_2O_5	2,1638	0,0122	0,56	2,1516	100	50	0,1086	$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$	6,46
Schwefelfäure SO_3 .	1,3046	0,0163	1,24	1,2883	—	—	0,0146	BaSO_4	0,39
Chlor Cl	1,1638	0,0146	1,24	1,1492	—	—	0,0094	AgCl	0,20
Eisenoxyd Fe_2O_3 .	0,8200	0,0102	1,24	0,8098	—	—	0,0030	FePO_4	0,19
Kalk CaO	2,9324	0,0254	0,87	2,9070	250	50	0,3150	CaO	54,17
Magnesia MgO . .	2,9324	0,0254	0,87	2,9070	250	50	0,0139	$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,43
Chloralkalien . . .	1,3046	0,0163	1,24	1,2883	—	—	0,0452	Chloralk.	3,51
Summa									101,34

Davon ab die dem Cl entsprechende Menge O, welche nicht genau berechnet werden kann, weil in den Chloralkalien keine Chlorbestimmung ausgeführt wurde.

II.									
Kohlenfäure CO_2 .	2,1638	0,0122	0,56	2,1516	—	—	0,7758	CO_2	36,05
Phosphorfäure P_2O_5	1,1484	0,0142	1,24	1,1342	—	—	0,1156	$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$	6,52
Schwefelfäure SO_3 .	0,8200	0,0102	1,24	0,8098	—	—	0,0104	BaSO_4	0,44
Chlor Cl	0,6410	0,0080	1,24	0,6330	—	—	0,0056	AgCl	0,21
Eisenoxyd Fe_2O_3 .	0,7565	0,0094	1,24	0,7471	—	—	0,0010	FePO_4	0,07
Kalk CaO	0,7565	0,0094	1,24	0,7471	—	—	0,4074	CaO	54,53
Magnesia MgO . .	0,7565	0,0094	1,24	0,7471	—	—	0,0156	$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,75
Kali K_2O	1,2758	0,0040	0,31	1,2718	—	—	0,0385	Schwefelf.	1,42
Natron Na_2O . . .								Alkalien *)	
Summa									100,12
Ab dem Cl entsprechende Menge O									0,19
Summa									99,93

*) 0,385 g Schwefelsäure Alkalien gaben 0,0532 g BaSO_4 .

2. Elementaranalyse der organischen Substanz des Protoplasma.

Wie schon hervorgehoben, ist es schwer oder gar unmöglich, das Protoplasma völlig wasserfrei zu bekommen, ohne andere leicht flüchtige Verbindungen zu verjagen. Das fein gepulverte Protoplasma nimmt nach langem Trocknen bei einer Temperatur von 120° C. kein constantes Gewicht an und zeigt sich dann so hygroskopisch, daß es selbst im bedeckten Tiegel während des Wägens schon Wasser anzieht. Deshalb wurde es vorgezogen, das lufttrockne Protoplasma der Elementaranalyse zu unterwerfen. Bringt man das Protoplasmapulver in einem Uhrschälchen ausgebreitet über concentrirte Schwefelsäure und läßt es lange Zeit über derselben stehen, so nimmt es schließlich nicht mehr merklich an Gewicht ab. Es wurde deshalb angenommen, daß das auf diese Weise getrocknete Protoplasma wasserfrei sei und das bei einer solchen Wasserbestimmung erhaltene Resultat zur Berechnung der Trockensubstanz benutzt.

1,6084 g lufttrocknes Protoplasma verlor nach 18 tägigem Stehen im Exsiccator 0,0758 g, welche als Wasser in Rechnung gebracht 4,71 Wasser der lufttrocknen Substanz ausmachen.

Die Bestimmung des C und H geschah durch Verbrennen des lufttrocknen Protoplasma mit chromsaurem Blei unter Zusatz von $\frac{1}{10}$ saurem chromsaurem Kalium bei vorgelegter Kupferdrahtnetzrolle in gewöhnlicher Weise. Der N wurde nach der DUMAS'schen Methode durch Verbrennen mit Kupferoxyd ebenfalls bei vorgelegtem Kupfer etc. bestimmt. Den Bestimmungen diente das Protoplasma Nr. I.

Die erhaltenen Zahlenwerthe sind in folgender Tabelle zusammenge stellt.

3. Aetherextract.

Die quantitative Bestimmung des Aetherextractes geschah im TOLLENS'schen Extractionsapparate. Das durch Abdestilliren vom Aether befreite Extract wurde etwa eine Stunde im Trockenschrank bei 100° getrocknet und während dieser Zeit zur vollständigen Entfernung des Aethers mehrere Male mittelst eines Gummiballs ein Luftstrom in den Kolben geblasen,

Elementaranalyse.

Angewandte luft- trockne Substanz	Darin enthaltenes Wasser in %	Trocken- substanz	Gefundene CO ₂	Gefundenes H ₂ O	Gefundener N				pCt. der lufttrocknen Substanz			pCt. der Trocken- substanz		
					cm	Barometer- stand	Temperat.	g	C	H	N	C	H	N
0,2495	0,0117	0,2378	0,3533	0,1306	—	—	—	—	38,56	5,82	—	40,52	6,10	—
0,3516	0,0165	0,3351	0,4972	0,1898	—	—	—	—	38,61	5,99	—	40,47	6,29	—
0,6552	0,0309	0,6243	—	—	32,2	751	17	0,0037	—	—	5,63	—	—	5,91
0,6120	0,0288	0,5832	—	—	28,5	748	14	0,0040	—	—	5,39	—	—	5,65

pCt. Aetherextract

- 1) 8,2034 g lufttr. Protoplasma gaben 0,4990 g = 6,08
- 2) 81,6 „ „ „ „ 4,9512 „ = 6,06
- 3) 11,7070 „ „ „ „ 0,9518 „ = 8,13
- 4) 7,0804 „ „ „ „ 0,3800 „ = 5,36
- 5) 7,5380 „ „ „ „ 0,4071 „ = 5,40
- 6) 99,0 „ „ „ „ 6,0188 „ = 6,04

Die zu den Bestimmungen 4 und 5 verwandte Protoplasmaprobe war die in den Aschenbestimmungen mit Nr. I bezeichnete und enthielt im Durchschnitt 29,19 pCt. Afche. Die Probe, von welcher die Aetherextractbestimmung Nr. 6 ausgeführt wurde, enthielt 32,97 pCt. Afche.

Da die S. 23 erwähnten an Kalk gebundenen Fettsäuren durch directes Ausziehen mit Aether sehr unvollkommen erhalten werden, so wurde eine mit Aether erschöpfte Quantität Protoplasma mit verdünnter Salzsäure gekocht, die Lösung durch ein nasses Filter vom unlöslichen Rückstand getrennt, der letztere mit Wasser bis zur neutralen Reaction gewaschen, getrocknet und nun sammt dem Filter abermals im TOLLENS'schen Extractionsapparat mit Aether ausgezogen.

12,7917 g des mit Aether extrahirten Protoplasma gaben nach dieser Behandlung 0,6570 g oder 5,13 pCt. Aetherextract.

Die Baryumbestimmungen in den Seite 21 ff erwähnten Baryum-
salzen der flüchtigen fetten Säuren wurden nach bekannter Methode
in der Weise ausgeführt, daß die Salze bei 130° bis zum constanten
Gewichte getrocknet, dann im Platintiegel sehr langsam verascht, die
vollständig kohlefreie Asche mit kohlenfaurem Ammon behandelt,
schwach geglüht und gewogen wurde. Aus dem erhaltenen kohlen-
fauren Ba wurde das Ba berechnet.

Destillat I. 0,1738 g des Salzes gaben 0,1086 g BaCO_3 = 43,41 pCt. Ba
„ II. 0,2044 „ „ „ 0,1411 „ „ = 47,53 „ „

Elementaranalyse der fetten Säuren, deren Darstellung S. 22
beschrieben wurde.

1. 0,3550 g gaben 1,0098 g CO_2 entsprechend 77,58 pCt. C
„ „ 0,4190 „ H_2O „ 13,11 „ H
2. 0,4450 g gaben 1,2671 g CO_2 entsprechend 77,69 pCt. C
„ „ 0,5238 „ H_2O „ 13,08 „ H

4. Wasserextract.

Die nach der S. 32 beschriebenen Methode aus dem wässerigen
Auszug der Sporen erhaltenen *Asparaginkrystalle* wurden durch
häufiges UmkrySTALLISIREN aus Wasser vollständig gereinigt, über Schwefel-
säure getrocknet und dann ihr KrySTALLWASSERGEHALT durch Trocknen
bei 110° festgestellt. Der Stickstoffgehalt derselben wurde durch
Verbrennen mit Natronkalk (unter Zusatz von etwas reiner Oxalsäure),
Auffangen des gebildeten Ammoniaks in titrierter Schwefelsäure und
Zurücktitriren mit Kalilauge bestimmt.

Titerstellung:

- 1) 25 ccm Schwefelsäure gaben 1,7160 BaSO_4
- 2) 25 „ „ „ 1,7104 „
- 3) 25 „ „ „ 1,7092 „
25 „ „ im Durchschnitt = 0,2057 g N
- 1) 25 ccm Schwefelsäure sättigen 47,6 ccm Kalilauge.
1 ccm Kalilauge demnach = 0,00432 g N.

0,2410 g krytallwasserhaltendes Asparagin mit Natronkalk verbrannt.

Vorgelegte Schwefelsäure 25 *ccm* = 0,2057 g N

Zum vollständigen Sättigen nöthiges Alkali . . = 0,1603 „

0,2410 g Asparagin gaben 0,0454 g N

oder 18,88 pCt. N.

0,3847 g Asparagin verloren bei 110° 0,0466 g H₂O, woraus sich ein Krytallwassergehalt von 12,11 pCt. berechnet.

Die Formel C₄H₈N₂O₃ + H₂O verlangt 12 pCt. Krytallwasser und 18,66 pCt. N.

Eine annähernde Bestimmung des Reductionsvermögens, welches der mit Säure gekochte Wasserextract des Protoplasma zeigte, wurde in folgender Art versucht.

73,2 g lufttrocknes Protoplasma wurden mit 500 *ccm* Wasser übergossen, auf dem Wasserbade etwa $\frac{1}{2}$ Stunde erwärmt, gut umgeschüttelt und nach dem Abfitzen 50 *ccm* abgehoben und mit Salzsäure 2 Stunden auf dem Wasserbade erhitzt. Nach dem Erkalten ward die saure Lösung mit Bleieffig gefällt, der Niederschlag ausgewaschen und Filtrat sammt Waschwasser zusammen entbleit, auf dem Wasserbade concentrirt, mit Natronlauge neutralisirt und auf 100 *ccm* aufgefüllt. 26,7 *ccm* dieser Flüssigkeit reducirten 30 *ccm* FEHLING'sche Lösung.

Nimmt man an, daß die reducirende Wirkung des mit Salzsäure gekochten Protoplasmaextractes von aus Glycogen etc. gebildeten Traubenzucker herrührt, so berechnet sich eine Traubenzuckermenge von 7,68 pCt. des lufttrocknen Protoplasma. (1 *ccm* FEHLING'sche Lösung = 0,005 g Traubenzucker.)

Es ward jetzt noch das Reductionsvermögen eines wässerigen Protoplasmaextracts nach dem Kochen mit Salzsäure bestimmt, aus welchem jedoch zuvor das Glycogen durch Alkohol ausgefällt wurde.

16,21 g lufttr. Protoplasma wurden mit 100 *ccm* Wasser versetzt, erwärmt, geschüttelt und nach dem Erkalten und Abfitzen 50 *ccm* der abfiltrirten Lösung mit Alkohol auf 250 *ccm* aufgefüllt. Nachdem sich

der Glycogenniederfchlag abgefetzt, wurden 200 *ccm* abfiltrirt, zur Verjagung des Alkohols auf dem Wafferbade concentrirt, dann mit Salzfäure invertirt, mit Bleieffig gefällt, der Niederfchlag ausgewafchen, Filtrat und Wafchwaffer entbleit, eingedampft, mit Natronlauge neutralifirt und auf 100 *ccm* aufgefällt. 39 *ccm* diefer Flüssigkeit reducirten 15 *ccm* FEHLING'sche Löfung, woraus fich 2,96 pCt. Traubenzucker des lufttrocknen Protoplasma berechnen, welche durch Kochen mit Säure nach der Ausfällung mit Alkohol daraus entstanden.

Nimmt man an, dafs durch das Verfetzen von 1 Volumen Protoplasmaextract mit 4 Raumtheilen Alkohol alles Glycogen und weiter kein Körper, aus welchem durch Kochen mit Salzfäure reducirende Subftanz entsteht, niedergefchlagen wird, fo wird die Differenz zwischen der erften und zweiten Beftimmung diejenige Menge Traubenzucker anzeigen, welche durch das Kochen mit Salzfäure aus dem Glycogen entstanden ift. Sie beträgt $7,69 - 2,96 = 4,73$ pCt.

5. Ammoniak, Amidosäuren und Amidosäureamide.

5,088 *g* lufttrocknes Protoplasma mit einem Afchengehalt von 29,19 pCt. (Nr. I der Afchenbeftimmungen) wurde mit 100 *ccm* Waffer übergoffen und erwärmt. Nach dem Erkalten wurden 20 *ccm* der abfiltrirten Löfung im KNOP'schen Azotometer mit Bromlauge gefchüttelt und entwickelten dabei 1 *ccm* N bei einer Temperatur von 21 ° und einem Barometerftand von 742 *mm*.

Nimmt man an, dafs fich der N nur aus vorhandenen Ammoniakfalzen abgefpalten hat, fo würde fich daraus ein Gehalt von 0,12 Gewichtsprocenten NH_3 berechnen.

Ferner wurden 20 *ccm* derfelben Löfung mit Salzfäure verfetzt, 1½ Stunde im Wafferbade erhitzt und nach dem Neutralifiren wiederum mit Bromlauge gefchüttelt. Jetzt entwickelten fich 2 *ccm* N bei demfelben Druck und derfelben Temperatur.

Da beim Kochen mit Salzfäure die Amidofäureamide in Amidosäuren und Ammoniak gefpalten werden und da im Protoplasma Asparagin vorhanden, fo könnte man wohl annehmen, dafs fich 0,12

(Gewichts-) Procent NH_3 aus den Amidofäureamiden abgespalten haben. Sicher sind die gefundenen Werthe aber zu hoch, da wir, wenn im Protoplasma wirklich eine entsprechende Menge Amidofäuren vorhanden gewesen wäre, bei den Versuchen, dieselben durch Auskrystallisiren zu gewinnen, grössere Mengen davon erhalten haben würden.

Endlich wurden noch 16 *ccm* des oben beschriebenen Protoplasma-extractes mit Salzfäure gekocht und im SACHSSE-KORMANN'schen Apparat der Einwirkung von salpetriger Säure ausgesetzt. Es wurden erhalten 4,25 *ccm* N bei dem Barometerstand von 753 *mm* und der Temperatur von 16°. Es berechnet sich daraus 0,60 pCt. N, von welchem jedoch nur die Hälfte also 0,30 pCt. auf Amidofäuren fällt, da bei der Zersetzung derselben durch salpetrige Säure diese letztere ebenfalls Stickstoff abgibt. Die erhaltene Zahl ist jedenfalls viel zu hoch, da bei dem Versuch die salpetrige Säure wahrscheinlich durch andere organische Stoffe reducirt worden ist.

6. Säuren.

Zur Bestimmung der Phosphorfäure, welche aus dem mit Aether extrahirten lufttrocknen Protoplasma ausgezogen ward, wurden 3,3552 *g* mit verdünnter Salzfäure aufgekocht, die Lösung abfiltrirt und der Rückstand mit heissem Wasser bis zur neutralen Reaction ausgewaschen, Filtrat sammt Waschwasser eingedampft, der Rückstand in einer Platinschale zur Zerstörung der organischen Substanzen geglüht, die Asche in etwas Salpeterfäure gelöst und in der Lösung durch Fälln mit molybdänfaurem Ammon u. s. w. in bekannter Weise die Phosphorfäure bestimmt. Es wurden 0,0615 *g* $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ erhalten, woraus sich ein Gehalt von 1,14 pCt. P_2O_5 der lufttrocknen mit Aether extrahirten Substanz berechnet.

Der Gesamtgehalt derselben Protoplasmaprobe an Phosphor ward durch Veraschen und Bestimmung der Phosphorfäure in der Asche festgestellt.

2,7009 *g* lufttrocknes mit Aether extrahirtes Protoplasma (Nr. IV

der Aschenbestimmungen) wurde verascht. In dieser Asche ergab die Phosphorsäurebestimmung $0,0574 \text{ Mg}_3\text{P}_2\text{O}_7$ oder $3,12 \text{ pCt. P}_2\text{O}_5$ der kohlenfreien Asche oder $1,35 \text{ pCt. P}_2\text{O}_5$ der lufttrocknen mit Aether extrahirten Substanz.

Ferner wurde in derselben Protoplasmaprobe noch die *Kohlensäure* bestimmt, indem dieselbe durch Salzsäure ausgetrieben, durch ein Chlorcalciumrohr getrocknet und im Kaliapparat aufgefangen und gewogen wurde. $1,6258 \text{ g}$ lufttrockne mit Aether extrahierte Substanz gaben $0,2776 \text{ g}$ oder $17,07 \text{ pCt. CO}_2$.

Eine angenäherte qualitative Bestimmung der *Ameisensäure* und *Essigsäure* wurde in der Weise versucht, daß eine gewogene Menge lufttrockenes Protoplasma mit einem bestimmten Quantum Wasser übergossen und damit zur Lösung der ameisenfauren und essigfauren Salze erwärmt wurde. Nach dem Erkalten und Abfüßen ward dann ein bestimmter Theil der Lösung abgehoben, mit Phosphorsäure angeäuert und unter erneuertem Wasserzusatz wiederholt abdestillirt, bis das zuletzt übergehende Destillat keine saure Reaction mehr zeigte. Alsdann wurde das Destillat mit $\frac{1}{10}$ Normalalkalilauge titrirt.

1. $25,5778 \text{ g}$ mit 210 ccm Wasser übergossen; von der Lösung 100 ccm entsprechend $12,18 \text{ g}$ Protoplasma mit Phosphorsäure abdestillirt. Zur Sättigung des Destillats erforderlich $7,8 \text{ ccm } \frac{1}{10}$ Normalkalilauge.
2. $44,6244 \text{ g}$ lufttrocknes Protoplasma mit 200 ccm Wasser übergossen. 100 ccm der Lösung, entsprechend $22,3122 \text{ g}$ Protoplasma mit Phosphorsäure abdestillirt. Zur Sättigung des Destillats erforderlich $7,1 \text{ ccm } \frac{1}{10}$ Normalkalilauge.

7. Bleessigniederschlag.

Um eine Vorstellung von der im Protoplasma enthaltenen Menge Xanthin zu bekommen, wurden $44,7 \text{ g}$ mit Aether extrahirtes Protoplasma mit 250 ccm schwach ammoniakalisch gemachtem Wasser übergossen und damit $\frac{1}{2}$ Stunde im Wasserbade erwärmt. Von der Lösung wurden 150 ccm mit Bleieffig ausgefällt, der Niederschlag mit kaltem Wasser ausgewaschen, vom Filter abgespritzt, mit H_2S zerlegt und

das Filtrat vom Schwefelblei auf ein geringes Volumen eingedunstet. Darauf ward dasselbe mit Ammoniak alkalisch gemacht und mit salpeterfaurem Silber veretzt, wodurch ein Niederschlag entstand, der abfiltrirt, mit ammoniakalischem Wasser gewaschen und dann mit verdünnter Salpetersäure von 1,1 spec. Gew. vom Filter abgespritzt und durch Aufkochen gelöst wurde. Nach dem Erkalten schieden sich feine KrySTALLNadeln von *Xanthinfilberoxyd* aus. Sie wurden abfiltrirt, mit dem Filter verbrannt und lieferten 0,0021 g Ag, woraus sich eine Xanthinmenge von 0,00177 g oder 0,006 pCt. berechnet.

8. Eiweisstoffe.

Da außer den Eiweisstoffen im Protoplasma von *Aethalium* noch verschiedene andere Stickstoff enthaltende Verbindungen vorkommen, so ist es ungerechtfertigt, aus dem Stickstoffgehalt ohne Weiteres auf die darin enthaltene Menge Eiweisstoffe zu schließen. Um jedoch Anhaltspunkte für die Quantität der letzteren, sowie für die Menge der nicht eiweisartigen Stoffe und Peptone, zu gewinnen, wurde zunächst der Gesammtstickstoffgehalt in einer Protoplasmaprobe, welche 32,97 pCt. Asche (Nr. 2 der Aschenbestimmungen) und 6,06 pCt. Aetherextract (Nr. 2 der Aetherextractbestimmungen) enthielt, von dem letzteren aber befreit war, durch die DUMAS'sche Methode festgestellt.

0,4790 g lufttrockenes mit Aether ausgezogenes Protoplasma gaben 23,4 ccm N bei einem Barometerstand von 750 mm und einer Temperatur von 22° C., woraus sich ein Gehalt von 5,45 pCt. des mit Aether ausgezogenen lufttrocknen Protoplasmas berechnet.

0,4619 g derselben Substanz lieferten 21,2 ccm N bei dem Barometerstand von 751 mm und der Temperatur von 19° C., entsprechend 5,21 pCt. N.

Nunmehr wurden gewogene Protoplasamengen mit Wasser aufgeköcht und dann solange Essigsäure zugetröpfelt, bis alles darin enthaltene Calciumcarbonat aufgelöst war und die Flüssigkeit schwach saure Reaction angenommen hatte. Dann wurde die Flüssigkeit von dem unlöslichen Rückstand durch ein Asbestfilter getrennt und der

Rückstand bis zur neutralen Reaction mit Wasser ausgewaschen. Der getrocknete Rückstand ward mit dem Asbest im Mörser gut mit Kupferoxyd gemischt und nach DUMAS verbrannt.

0,5367 g vom Aetherextract befreites lufttrocknes Protoplasma gaben nach der beschriebenen Methode 21,0 ccm N, bei einem Barometerstand von 746 mm und einer Temperatur von 21° C., entsprechend 4,37 pCt. N.

0,5722 g derselben Substanz gaben 22,0 ccm N bei einem Barometerstand von 746 mm und einer Temperatur von 22° C., entsprechend 4,27 pCt. N.

Wenn man annimmt, daß durch das Aufkochen mit verdünnter Essigsäure alle stickstoffhaltigen Bestandtheile ausser den durch die Behandlung coagulirten Eiweißstoffen entfernt waren, so würde sich aus der Mittelzahl der beiden letzten Bestimmungen durch Multiplication derselben mit einem geeigneten Factor der Gehalt an Eiweißstoffen bestimmen lassen. Dieser Factor ist aber schwer zu beschaffen, die Ziffer 6,25 kann man nicht anwenden, da die in *Aethalium* vorkommenden Globulinsubstanzen wahrscheinlich 18 pCt. N enthalten, im Pflatin aber nur etwa 12 pCt. N gefunden worden sind.

Die Differenz im Stickstoffgehalt der mit verdünnter Essigsäure ausgewaschenen und der nicht ausgewaschenen Substanz würde dann auf die nicht eiweißartigen Stoffe (Ammoniak- und Amid-Verbindungen) und Peptone fallen. Sie beträgt im Mittel 1,01 pCt. N der lufttrocknen mit Aether ausgezogenen oder 0,94 pCt. der lufttrocknen nicht mit Aether extrahirten Substanz.

Die S. 50 als Pflatin bezeichnete Substanz hatte im fein gepulverten Zustande eine lehmgelbe Farbe. Sie war fast ganz frei von Asche, nahm beim Trocknen bei 106 bis 108° rasch constantes Gewicht an und wurde im trocknen Zustand mit Bleichromat unter Zusatz von $\frac{1}{10}$ saurem chromsauren Kalium bei vorgelegter Kupferdrathnetzrolle in bekannter Weise verbrannt.

1. 0,4234 g gaben 0,2786 g H_2O entsprechend 7,31 pCt. H
" " 0,8330 „ CO_2 „ 53,65 „ C
2. 0,4172 g gaben 0,2696 g H_2O entsprechend 7,13 pCt. H
" " 0,8158 „ CO_2 „ 53,33 „ C.

Der Stickstoffgehalt des Plastins wurde einmal durch Verbrennen mit Natronkalk, das andere Mal nach der DUMAS'schen Methode bestimmt.

1. Angewandte Substanz 0,2634 g.

Vorgelegte Schwefelsäure*) = 25 ccm = 0,2057 g N.

Zum Zurücktitriren gebrauchtes

Alkali 40,3 ccm = 0,1741 „ „

In der angewandten Substanz enthalten 0,0316 g N. oder 11,99 pCt.

2. Angewandte Substanz 0,4672 g.

Erhaltener N . . = 47,25 ccm

Barometerstand . = 746 mm

Temperatur . . = 10° C.

woraus sich 11,88 pCt. N berechnen.

*) Titerstellung f. S. 62.

ANHANG).

Ueber Paracholesterin aus Aethalium septicum.

Von

J. Reinke und H. Rodewald.

(Befonderer Abdruck aus den Annalen der Chemie 207. Band.)

Bei einer aus rein botanischen Gesichtspuncten unternommenen Untersuchung der chemischen Zusammensetzung des Protoplasma von Aethalium septicum gelang es u. a. eine Substanz zu isoliren, die auch wohl in chemischer Hinsicht einiges Interesse besitzen dürfte.

Das frisch gefammelte Protoplasma wurde durch Einlegen in starken Alkohol conservirt. Die Protoplasmaclumpen hatten in dem Alkohol ihre breiartige Consistenz verloren und waren zu schwammigen, zwischen den Fingern leicht zerreiblichen Massen geworden. Der Alkohol hatte einen Theil der Substanz gelöst und sich damit gelb gefärbt; er wurde abgegossen und auf dem Wasserbade bis auf ein geringes Volumen eingedampft. In diesem Reste der alkoholischen Lösung wurde der feste Rückstand des Protoplasma gehörig vertheilt und die ganze Masse in einem durch Wasserdampf geheizten Trockenschrank bei einer Temperatur von 80 bis 90° getrocknet; es resultirte eine spröde, im Porcellanmörser zu einem gelblich-grauen Pulver zerreibliche Masse, die beim Reiben mit dem Pistill negativ elektrisch wurde und den ursprünglichen laugenartigen Geruch des Protoplasma beibehalten hatte. Aus diesem Pulver lassen sich im Extractionsapparate von TOLLENS mit Aether etwa 6 pCt. eines bräunlich gelben Oels ausziehen. Aus der stark concentrirten ätherischen Lösung dieses Oels

*) Während des Druckes, als Bogen 2 bereits die Correctur passirt hatte, ging mir ein Separatabdruck dieser rein chemischen Mittheilung zu, und schien es mir zweckmäßig, dieselbe auch unserer Abhandlung noch einzuverleiben. Damit erledigt sich die Anmerkung auf S. 19. R.

krySTALLISIREN nach einigen Tagen Blättchen oder Nadeln aus, die sich durch Abpressen zwischen Fließpapier von der Mutterlauge befreien und durch wiederholtes UmkrySTALLISIREN aus Aether völlig farblos erhalten lassen.

Reiner und in größerer Menge erhält man diesen leicht krySTALLISIREN den Körper, wenn man den durch Abdestilliren vom Aether befreiten Extract in alkoholischer Lösung mit Kali kocht, nach geschehener Verfeifung Wasser hinzufügt und den Alkohol auf dem Wasserbade verjagt. Durch Ausschütteln der wässrigen Seifenlösung mit Aether erhält man die erwähnte krySTALLISIREN de Substanz ziemlich rein in ätherischer Lösung. Durch UmkrySTALLISIREN läßt sie sich vollständig reinigen, am besten durch Auflösen in heißem Alkohol, aus welchem sie sich beim Erkalten zum größten Theil wieder ausscheidet.

In ihren allgemeinen Eigenschaften zeigt die Substanz wesentliche Uebereinstimmung mit dem Cholesterin und Isocholesterin des Thierkörpers, sowie mit dem von BENEKE*) in den Erbsen aufgefundenen Cholesterin, welches neuerdings durch HESSE**) mit dem Namen »Phytosterin« belegt worden ist; in ihrer chemischen Zusammensetzung scheint uns die Substanz mit dem thierischen Cholesterin (man könnte wohl dasselbe zur besseren Unterscheidung als normales Cholesterin bezeichnen) und Isocholesterin isomer zu sein, sie mag daher den Namen *Paracholesterin* erhalten.

Das Paracholesterin ist leicht löslich in Chloroform und Aether und krySTALLISIRT aus beiden Lösungsmitteln in seideglänzenden Nadeln, aus Aether mitunter auch in Blättchen. Leicht löslich ist es auch in heißem Alkohol, da es aber in kaltem Alkohol sich nur schwierig löst, so scheidet es sich beim Erkalten der alkoholischen Lösung in KrySTALLWASSER haltenden Blättchen aus, die ihr KrySTALLWASSER bereits über Schwefelsäure abgeben. In Wasser ist es unlöslich.

Wird etwas Paracholesterin in Chloroform gelöst und mit concen-

*) Studien über Verbreitung u. f. w. von Gallenbestandtheilen. Gießen 1862.

**) Diese Annalen 192, 175.

trirter Schwefelsäure geschüttelt, so zeigt sich nach der Trennung der beiden Flüssigkeiten die Chloroformlösung gelblichbraun gefärbt, und die darunter stehende Schwefelsäure hat ebenfalls einen bräunlichgelben bis gelblichbraunen Ton mit schön grüner Fluorescenz angenommen. Nach längerem Stehen geht die Farbe der Chloroformlösung erst in Blau und dann in Violett über, während die Schwefelsäure sich allmählig tiefer bräunt und die Fluorescenz immer mehr hervortritt*).

Der Schmelzpunkt des Paracholesterins liegt bei 134° bis $134,5^{\circ}$ (uncorrigirt**). Bei stärkerem Erhitzen im einseitig geschlossenen Rohr zieht sich die Substanz in öligen Ringen an der Glaswand empor, verbreitet einen erstickenden Geruch und erstarrt beim Erkalten strahlig krySTALLINISCH.

Das Paracholesterin dreht in feiner Lösung die Ebene des polarisirten Lichtes nach *links*. Die spezifische Drehung der in Chloroform gelösten Substanz wurde im Polarisationsapparate von LAURENT bestimmt und wurden in zwei Beobachtungsreihen folgende Werthe erhalten:

	I.	II.
Procentgehalt der Lösung p	2,7000	1,7948
Specifisches Gewicht der Lösung d	1,4717	1,4785
Temperatur t	20°	20°
Länge der Röhre	200 mm	200 mm
Ablenkung α	$-2,29^{\circ}$	$-1,45^{\circ}$
Specifische Drehung $[\alpha]_D^{***})$	$-28,88^{\circ}$	$-27,24^{\circ}$

Weil das aus Alkohol sich abscheidende Paracholesterin sein KrySTALLWASSER leicht verliert, so wurden zur Bestimmung des letzteren die KrySTALLBLÄTTCHEN zwischen Fließpapier abgepresst, zwei Tage an

*) Bei der gleichen Behandlung des normalen Cholesterins färbt sich die Chloroformlösung sofort blutroth, die rothe Farbe geht später in Blau, dann in Grün und endlich in Gelb über. Das Isocholesterin verhält sich ungefähr wie das Paracholesterin.

**) Das normale Cholesterin schmilzt bei 145° , das Isocholesterin bei 137 bis 138° , das Phytosterin bei 132 bis 133° .

***) Für Phytosterin beträgt nach HESSE $[\alpha]_D = -34,2^{\circ}$, für normales Cholesterin aus Gallensteinen $-(36,61 + 0,249 p)$.

der Luft bei gewöhnlicher Temperatur liegen gelassen und dann bei 106 bis 108° getrocknet; aus der beobachteten Gewichtsabnahme berechnete sich der Krytallwassergehalt zu 5 pCt.

0,8550 g lufttrockenes Paracholesterin verlor 0,0428 Wasser.

Kohlenstoff und Wasserstoff wurden in der aus Alkohol wiederholt umkrytallisirten und über Schwefelsäure getrockneten Substanz durch Verbrennen mit Kupferoxyd bestimmt.

0,1330 g über Schwefelsäure getrocknetes Paracholesterin lieferte 0,4074 CO₂ und 0,1496 H₂O.

	Berechnet für C ₂₅ H ₄₂ O	Gefunden
C . .	83,87	83,53
H . .	11,83	12,49*)
	für C ₂₅ H ₄₂ O + H ₂ O	
Wasser .	4,6	5,0

Die elementare Zusammenfetzung stimmt also mit derjenigen des Cholesterins überein, doch vermag die Analyse nicht zu entscheiden, ob unser Körper dem Cholesterin wirklich isomer ist, oder nur ein demselben nahestehendes Glied einer homologen Reihe repräsentirt; denn die nächsten Homologen des Cholesterins, wenn solche Verbindungen wirklich existiren, würden sich in der procentischen Zusammenfetzung so wenig vom Cholesterin unterscheiden, daß die Differenz innerhalb der Fehlergrenzen der Elementaranalyse liegen würde. Auch die physikalischen Eigenschaften der Substanz dürften diese Frage unentschieden lassen. Freilich schließt HESSE aus dem Umstand, daß das normale Cholesterin ein stärkeres Drehungsvermögen besitzt, als sein »Phytosterin«, daß erstere Verbindung das nächstniedere Glied einer solchen homologen Reihe sei und daher die Formel C₂₅H₄₂O erhalten müsse. Uns jedoch schien dies Argument nicht schwer-

*) Wenn etwas zuviel Wasser gefunden wurde, so erklärt sich dies leicht daraus, daß die Substanz noch einen kleinen Rest Krytallwasser enthielt. Zahlreichere Elementaranalysen ließen sich wegen des beschränkten Vorraths an Substanz nicht gut ausführen. Auch handelt es sich ja nur um eine Verificirung der Natur des Körpers, die anderweitig noch durch die Elementaranalyse des Benzoësäureesters geliefert wurde.

wiegend genug, um die bislang angenommene Isomerie der verschiedenen Cholesterine als widerlegt anzusehen.

Von dem normalen Cholesterin und dem Isocholesterin unterscheidet sich das Paracholesterin auch durch die Eigenschaften seines Benzoësäureesters. Derselbe läßt sich analog dem von ERNST SCHULZE und URICH*) dargestellten und näher untersuchten Benzoësäureisocholesterylester gewinnen. Ein Theil Paracholesterin wurde mit einem Theil Benzoësäureanhydrid im zugeschmolzenen Rohr etwa 36 Stunden lang auf 180° erhitzt. Nach dem Erkalten wurde das Rohr geöffnet und die erstarrte wachsartige Masse mit einer Lösung von Natriumcarbonat zur Entfernung der gebildeten Benzoësäure behandelt, darauf mit Wasser gewaschen und mit kochendem Alkohol ausgezogen. Der nach dem Verdunsten des Alkohols zurückbleibende Benzoësäureparacholesterylester wurde durch Umkrystallisiren aus ätherischer Lösung gereinigt. Während der Benzoësäureisocholesterylester in feinen Nadeln, der Benzoësäurecholesterylester in dicken quadratischen Tafeln krystallisiert, scheidet sich der Benzoësäureparacholesterylester aus demselben Lösungsmittel in dünnen glänzenden rechteckigen Tafeln aus, die bedeutend länger sind als breit. Sein Schmelzpunkt liegt bei 127 bis 128° (uncorrigirt**).

In der Elementaranalyse des über Schwefelsäure getrockneten Benzoësäureparacholesterylesters gaben 0,2512 g Substanz 0,7688 CO₂ und 0,2386 H₂O.

Berechnet für	Gefunden
$\begin{matrix} C_{24}H_{40}O \\ C_{24}H_{40}O > O \end{matrix}$	
C 83,19	83,46
H 10,08	10,56

Der Benzoësäureparacholesterylester löst sich leicht in Chloroform und Aether. In kaltem Alkohol ist er schwer löslich, in siedendem löst er sich etwas leichter.

Das Paracholesterin unterscheidet sich demnach sowohl durch sein

*) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 7, 570.

**) Der Benzoësäurecholesterylester schmilzt zwischen 125 und 130° der Benzoësäureisocholesterylester bei 190 bis 191°.

eignes Verhalten, wie durch die Eigenschaften seines Benzoësäureesters deutlich vom Cholesterin und Isocholesterin, weniger dagegen vom Phytoferin. Bezüglich der Lage des Schmelzpunkts, der Kryftallform und der Löslichkeitsverhältniffe besteht zwischen dem Phytoferin und dem Paracholesterin kein erheblicher Unterschied, dagegen ist die specifische Drehung des Paracholesterins niedriger gefunden, als die des Phytoferins. Danach find beide Substanzen wohl kaum identisch, Sicheres läßt sich jedoch darüber nicht ausfagen, bevor nicht das Phytoferin genauer untersucht worden ist, insbefondere auf seine Farbenreactionen und die Eigenschaften seines Benzoësäureesters*).

Für die aus *Aethalium septicum* gewonnene Substanz glauben wir unter allen Umständen den Namen *Paracholesterin* in Anwendung bringen zu follen, einmal, weil wir an der Ifomerie der Cholesterine vor der Hand festhalten, fodann, weil unsere Substanz auf jeden Fall genauer untersucht worden ist, als das Cholesterin der Erbsen.

*) Insbefondere wird darauf Rücksicht zu nehmen fein, ob im Phytoferin nicht etwa ein Gemenge von Paracholesterin und normalem Cholesterin vorliegt, da auch das letztere *neben* dem Paracholesterin in *Aethalium septicum* vorkommt, bei der ersten Fraction des Auskryftallisirens von letzterem aber vollständig in der Mutterlauge zurückbleibt.

II.
Protoplasma-Probleme.

Von

J. Reinke.

Einleitung.

Auf den nachfolgenden Blättern habe ich einige Ideen zur Chemie und Physik des Protoplasma zusammengestellt. Solchen allgemeinen Betrachtungen pflegt der Positivismus unserer Zeit nicht allzugünstig gestimmt zu sein; in der Botanik steht die Detailarbeit auf der Tagesordnung, sie ist am Ruder, und für ihre unbedingte Herrschaft lassen sich so viele und so schwerwiegende Gründe geltend machen, daß jede Auflehnung dagegen unfruchtbar erscheinen müßte. In der That hat die mit eisernem Fleiße durchgeführte Erforschung der minutiösesten Einzelheiten die biologischen Naturwissenschaften zur ihrer jetzigen Bedeutung emporgehoben. Wir sehen Baustein auf Baustein herantragen, aufschichten und häufen. Ein mächtiger Unterbau aus soliden Quadern ist gelegt, und an zahlreichen verschiedenen Stellen sind Werkleute beschäftigt, eine Mauer erstehen zu lassen; die Arbeit anderer besteht in dem Ausmeißeln von Pfeilern und Capitälen, und wer das feinste Zierrath dem Steine aufzuprägen gewußt, der wird mit Recht am meisten gelobt. Wo aber will alle diese Arbeit hinaus? Wo ist das Ziel, dem man zutreibt, wo der Plan, nach dem man arbeitet, wo ist der Architekt und wo sind die Bauführer? Wann wird die Krönung des Gebäudes wissenschaftlicher Erkenntniß stattfinden?

Diese Fragen sind leichter aufgeworfen als beantwortet.

Die Wege und Ziele wissenschaftlicher Forschung verändern sich im Laufe der Zeit mit der Entwicklung der Wissenschaft durch eine Art von stillschweigender Uebereinkunft unter den Forschern; fast könnte man sagen, durch einen Proceß natürlicher Züchtung. Denn nur eine Richtung, die das allgemeine Interesse der Zeit zu fesseln weiß, vermag in dieser Zeit sich Geltung zu verschaffen. Wie aber in der

natürlichen Züchtung eine unbewusste Verkettung von Urfachen und Wirkungen gegeben ist, so ist auch die Gesamtbewegung des Fortschritts der biologischen Erkenntniß an keine vorge schriebene Richtung gebunden. Zwar wird jeder Naturforscher stets das ferne Ziel im Auge haben, die Räthsel des Lebens zu lösen; allein dies Ziel ist zu allgemein und zu abstract, um einer klaren Vorstellung zugänglich zu sein, und so gelangt in der Anschauung jedes Einzelnen doch eine besondere Gestalt dieses fernen Ideals zur Verkörperung. Der Eine hofft, daß es nach Jahrhunderten möglich sein werde, den ganzen Lebensproceß einer Zelle durch eine Formel, die einzelnen Beziehungen durch Differentialquotienten zum Ausdruck zu bringen. Ein Anderer erwartet von den Fortschritten der Chemie die Synthese aller Verbindungen, welche für die Existenz des Organismus nöthig sind, insbesondere der Eiweißstoffe, und hofft dann auch die Bedingungen ermitteln zu können, durch welche »unbelebtes« in »lebendes« Eiweiß umgewandelt werden kann. Andere hegen weniger sanguinische Erwartungen, für Alle aber ersteht leicht die Gefahr der Utopie, weil die Erreichbarkeit solcher Ziele heute kaum abgeschätzt werden kann.

Beim Betreten eines wichtigen Gebietes, das nur durch ein Zusammenarbeiten Vieler urbar zu machen ist, scheint mir jedoch eine Prüfung und Discussion der Chancen des Erfolges, der möglichen Angriffspuncte und der sich darbietenden Schwierigkeiten wünschenswerth zu sein; durch *Besprechung* läßt sich manche Frage klären und präcificiren, die vorher zur einer thatfächlichen Bearbeitung ihrer Complicirtheit wegen noch ungeeignet war. Der Naturforscher muß die Rudimente vorliegender Thatfachen in seiner Phantasie combiniren und sich hypothetische Vorstellungen schaffen von verschiedenen Gesichtspuncten aus, deren Vorzüge und Nachtheile er gegen einander abwägt; dann muß er aber auch Gedanken zu finden wissen, um die Richtigkeit jener subjectiven Bilder zu prüfen; erst durch solche Prüfung ist es möglich, für jene Vorstellungen eine wissenschaftliche Geltung zu erlangen.

Diese Erwägungen haben mich zur Mittheilung der folgenden Aufzeichnungen veranlaßt. Es bedarf wohl keiner besonderen Versicherung mehr, daß die vorgetragenen Speculationen nicht betrachtet sein wollen als die Bausteine einer wissenschaftlichen Theorie — dazu dürfen nur feststehende Thatfachen benutzt werden — sondern als aufgeworfene Fragen, als die feinere Zergliederung eines Problems. Die wissenschaftliche Präcisirung einer in allgemeinen Umrissen gegebenen Aufgabe ist aber der erste Schritt zu ihrer Lösung.

Hypothesen haben ja in der Wissenschaft nur die Bedeutung von Problemen, die man prüfen soll; sie sind Triebfedern zum Fortschritt in der Erkenntniß, nicht selbst Fortschritt. Dies wird genügen, um meine eigene Meinung über die gelegentlich von mir entwickelten Hypothesen darzulegen.

Das Leben ist nicht das Ergebniß von Wirkungen einer *besonderen Kraft*, sondern ein *besonderer Zustand*, getragen von einer eigenthümlich combinirten Wechselwirkung der allgemeinen materiellen Kräfte, wodurch eigenartige Bewegungen der belebten Substanz veranlaßt werden; diese Kräftewirkungen können ihrerseits nur bedingt sein durch die Construction des Apparats, in dem sie zur Wirkung gelangen, durch den Bau des lebenden Organismus. Die Substanz und die Art der Bewegungen in den Organismen bilden somit das Arbeitsfeld der biologischen Naturforschung. Substanz und Bewegung der materiellen Welt im Allgemeinen sind aber das Arbeitsgebiet der Physik, und daraus folgt, daß die Wege der physiologischen Forschung sich nach denen der physikalischen im Allgemeinen werden richten müssen. Die Physik ist in der angenehmen Lage, sich ihre körperlichen Systeme, mit denen sie arbeitet, so einfach wie möglich zu construiren, während die Physiologie in den Organismen die complicirtesten Gebilde, die es giebt, als gegeben hinnehmen muß. Es ist also Nichts natürlicher, als daß der Physiologe stets beflissen sein muß, die Resultate und Fortschritte der Physik für die eigene Forschung nutzbar zu machen, um dadurch zu versuchen, auch das über dem Mechanismus des Lebens lagernde Dunkel zu erhellen.

Wenn wir sehen, daß die Makrokosmos-Maschine, zunächst unser Planetensystem, durch Wechselwirkung einfacher Kräfte im Gange gehalten wird, so liegt es nahe, zu fragen, inwiefern solche einfachen Kräfte auch zur Erklärung der Mechanik des Protoplasma-Mikrokosmos ausreichen, beziehungsweise für die Lebenserscheinungen der Organismen überhaupt. Diese Frage muß aber, wie ich glaube, zunächst für den *Elementarorganismus*, das Protoplasma discutirt werden, weil in ihm die Functionen des organischen Lebens in ihren allgemeinsten Zügen zur Geltung kommen.

Das Grundproblem, dessen Lösung ich als weitausschauendes Ziel der Physiologie hinstellen möchte, und um welches alle nachstehend entwickelten Gedanken sich gruppiren, ist, zu untersuchen und zu entscheiden: *Wie weit läßt sich die physikalische Naturbetrachtung*) für die Auffassung der Lebenserscheinungen des Protoplasma verwerthen, bis zu welchem Punkte ist die mechanische Methode für die Analyse der physiologischen Prozesse anwendbar?*

Gewiß war es eine Uebereilung, wenn ein hervorragender Mathematiker den Ausdruck that, in den Naturwissenschaften stecke nur soviel wahre Wissenschaft, als Mathematik darin enthalten sei. Wollten wir in dieser Behauptung das Wort »Mathematik« durch das Wort »Physik« ersetzen, so würde ich dies Urtheil ebenfalls für ungerechtfertigt halten. Dennoch bin ich darüber keinen Augenblick im Zweifel, daß diejenige Naturbetrachtung, die wir aus allen Kräften anstreben und fördern müssen, die *physikalische* ist. Speciell im Gebiete der Biologie werden wir auf jedem Punkte, wo es uns gelingt, der physikalischen Behandlung Eingang zu verschaffen, einen Sieg verzeichnen dürfen; daher können wir es als die Hauptaufgabe der heutigen Biologie hinstellen, die physikalische Betrachtungsweise möglichst weit auf dem Gebiete des organischen Lebens vorzuschieben, — ob sie ausreichen wird, dies Gebiet zu erschöpfen, von seinen Geheimnissen den letzten Schleier hinwegzuziehen, die letzte, durch das Leben

*) Darin ist natürlich die Chemie als Mechanik der Atome eingeschlossen.

gestellte Frage zu beantworten — darüber wird man vielleicht erst nach Jahrtausenden urtheilen können.

Vielleicht wird man auch nur dahin gelangen, mit größerer Sicherheit die Grenze zu bestimmen, welche für die Anwendbarkeit der physikalischen Betrachtung und Behandlung gestattet ist. Es würde schon einen Fortschritt von ungeheurer Wichtigkeit bedeuten, wenn sich mit *Sicherheit feststellen* liesse, daß ein Theil der physiologischen Vorgänge, wie es gegenwärtig allerdings den Anschein besitzt, über die Grenzen des Bereiches der Physik hinausragt. Dabei ist natürlich in erster Linie an den Eigengestaltungstrieb der Pflanzen und die Erblichkeit zu denken, für welche zu entscheiden ist, ob sie als physikalische oder als psychische Functionen angesehen werden müssen*). Auch die Frage ist zur Zeit noch eine offene, ob in der Schwärm-spore einer Alge, in den Spermatozoiden, im Plasmodium eines Schleimpilzes, im Protoplasma einer Parenchymzelle Spuren eines Bewußtseins vorhanden sind, wie die höheren Thiere es in stufenweise vervollkommneter Entwicklung besitzen.

»Die erste lebendige Materie« sagt E. PFLÜGER**) »am Anfang der Dinge muß die Fähigkeit befehlen haben, sich zu ernähren, zu wachsen, sich fortzupflanzen, sowie in zweckmäßiger Weise auf ihre Umgebung zu reagieren. Die fundamentalsten Probleme der Physiologie sind also eigentlich schon mit der ersten lebendigen Urmaterie gegeben«. — — Es tritt uns nun die Frage entgegen, »ob die so wunderbar zweckmäßige,***) also vernünftige Arbeit, die *alle* Zellen verrichten, nur in den Ganglienzellen des centralen Nervensystems von dem hellen Tage des Bewußtseins erleuchtet wird, während die spezifisch analoge Arbeit der anderen Schwesterzellen des Organismus

*) Vergl. hierzu HANSTEIN, das Protoplasma S. 138 ff.

**) Vergl. PFLÜGER, die teleologische Mechanik der lebendigen Natur, Archiv für Physiologie Bd. 15. S. 57 ff. 1877.

***) »Endlos wäre die Reihe von Thatfachen, welche man zur Erhärtung des Satzes aufzählen könnte, daß die Variation der zahllosen Lebensfactoren je nach den Umständen verschieden, aber der Regel nach durch kein anderes Princip beherrscht scheint, als das der zweckmäßigen Sicherung der Existenz«. (PFLÜGER).

auch selbst der schwachen Dämmerung eines Bewußtseins entbehrt, das dem Gehirnbewußtsein (dem Ich) verborgen bleibt, weil zwischen beiden kein directer Verkehr besteht.

Kommende Geschlechter werden in dieser Richtung vielleicht klarer zu blicken vermögen, als wir, die wir, wie ich glaube, gut thun, die Lösung dieser Frage als eine *cura posterior* zurückzustellen und vorerst zu versuchen, wie weit mit den Methoden der Physik und Chemie zu kommen ist. Dies hier von mir aufgestellte Princip wird, wie ich hoffe, um so weniger einem Widerspruche begegnen, als es ja gar keinen neuen Gedanken und Gesichtspunct enthält und auch bereits thatsächlich den meisten physiologischen Untersuchungen zu Grunde liegt. —

Bezüglich der durch diese Abhandlung sich hinziehenden methodologischen Principien glaube ich auf dem Wege weiter geschritten zu sein, den ich vor zwei Jahren bei meinen Studien über *Quellung**) eingeschlagen habe: ich meine nämlich, man soll im Hinblick auf die im Organismus sich abspielenden physikalischen Proceßse den Organismus zunächst ansehen als ein materielles System (System materieller Punkte). Man soll dann einerseits untersuchen, wie die am Organismus beobachteten Erscheinungen in Einklang zu setzen sind mit den *allgemeinen* Eigenschaften eines materiellen Systems überhaupt; andererseits aber soll man einem möglichst einfach gedachten materiellen System die am Organismus oder seiner Substanz gefundenen Eigenschaften beilegen, und dann untersuchen, wie sich ein solches etwa aus zwei Punkten bestehendes System — wenn es z. B. als mit Wasser quellbar gedacht wird — nunmehr verhält. Durch Combination der Ergebnisse dieser beiden rein theoretischen Untersuchungen wird man, wie ich glaube, stets zu allgemeineren Gesichtspunkten geführt werden, welche für die Beurtheilung des Phänomene des organischen Lebens sich als fruchtbringend erweisen.

Was endlich den Titel der Abhandlung betrifft, so deckt sich

*) Untersuchungen über die Quellung einiger vegetabilischer Substanzen. Bonn 1879.

derfelbe mit ihrem Inhalt nicht immer ganz genau, weil doch wohl nicht Alles problematisch ift, was darin fteht; es wollte fih aber kein befferer Titel finden.

I. Der Begriff des Protoplasma.

Darüber, was man im Inhalt der Pflanzenzelle Protoplasma zu nennen habe, ift in den letzten Decennien kaum irgend ein Zweifel aufgeflogen, faft überall hat in der Anwendung diefes Begriffes eine erfreuliche Uebereinstimmung geherrscht. Wenn man jedoch den Entfchluf gefafst hat, für einen längeren Zeitraum feine Arbeitskraft der genaueren Erforschung eines abgegrenzten wiffenschaftlichen Gebietes zu widmen, fo wird man nicht unterlaffen, auch den *Begriff* des gewählten Unterfuchungsobjectes genauer zu zergliedern und aus ver-
fchiedenen Richtungen zu beleuchten, weil einmal daraus die Stellung ver-
fchiedener Specialfragen erwachen kann, und fodann, weil auch jene allgemeinere Frage unfere Beachtung verdient, ob ein Begriff, wie der des Protoplasma, im Laufe der Entwicklung unfere Wiffenschaft ent-
ftanden, mit fortfehreitender Ausdehnung unfere Kenntniffe über-
haupt noch haltbar fei, oder nicht wenigstens Einfchränkungen und
Modificationen erheife. Um über diefen Gegenftand Klarheit zu
gewinnen, wird es fih empfehlen, in hiftorifchem Rückblick die
wichtigeren der bisher über das Protoplasma veröffentlichten Arbeiten
in Beziehung auf diefen Punkt zu prüfen.

Begriff und Name des Protoplasma finden wir zuerft durch MOHL feftgefellt (Bot. Zeit. 1846, S. 74). In feiner fpäteren Schrift über die Zelle*) definirt MOHL fein Protoplasma als eine trübe, zähe, mit Körnchen gemengte Flüssigkeit von weißer Farbe, welche mit

*) H. v. MOHL, Grundzüge der Anatomie und Phyfiologie der vegetabilifchen Zelle, Braunfchweig 1851, S. 200 und 202.

Jod sich gelb färbt, von Alkohol und Säuren gerinnt und Eiweiß in reichlicher Menge enthält, welche sich aber nicht mit dem Zellsaft mischt. Kurz vor dem Erscheinen der letztgenannten Schrift von MOHL hatte bereits FERD. COHN*) das Protoplasma der Pflanzenzellen und die animalische Sarkode für wesentlich übereinstimmende Gebilde erklärt, während man von zoologischer Seite erst viel später**) für die Sarkode ebenfalls den Namen Protoplasma eingeführt hat.

In ähnlicher Weise wie von MOHL wird der Begriff Protoplasma auch von PRINGSHEIM***) gefaßt; derselbe bezeichnet das Protoplasma (oder Plasma) als eine feinkörnige, zähflüssige, formlose Masse, die nur wegen ihrer schleimigen Consistenz, die einen gewissen Zusammenhang in der Masse hervorruft, als ein Ganzes aufgefaßt werden kann.

Schon die angeführten Aeußerungen sind hinreichend, um darzuthun, daß der Begriff des Protoplasma zunächst als ein rein anatomischer, *morphologischer*, gebildet wurde, während man die chemischen Eigenschaften desselben nur in zweiter Linie berücksichtigte; die Mikroskopiker würden diesen Begriff unzweifelhaft aufgestellt haben, auch wenn es ihnen nicht gelungen wäre, Stickstoff- oder Eiweiß-Reactionen in der Substanz des Protoplasma hervorzurufen.

Ich wende mich nun sogleich zu den für die Kenntniß des Protoplasma wichtigen Untersuchungen von DE BARY†) und CIENKOWSKI††) über die *mesentericae* oder Plasmodien der Schleimpilze. Beide Forscher stimmen darin überein, daß sie die Plasmodien in ihrer Totalität für Sarkode oder Protoplasma erklären; dagegen gehen sie in den Schlusfolgerungen auseinander, welche sie aus den mikroskopisch beobachteten Bewegungsercheinungen über die Structur der

*) COHN, Nova acta ect. XXII, S. 605 ff. 1850.

**) MAX SCHULTZE, das Protoplasma, Leipzig 1863.

***) Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854, S. 5 ff.

†) Die Mycetozoen. Leipzig 1864. — Vorher schon in Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. X. 1860.

††) Zur Entwicklungsgeschichte der Myxomyceten und: Das Plasmodium. PRINGSHEIMS Jahrb III, 1863.

Protoplasmasubstanz glauben ableiten zu sollen. Nach CIENKOWSKI*) ist das Protoplasma keineswegs als eine homogene, zähe Flüssigkeit aufzufassen, es besteht vielmehr aus zwei verschiedenen Substanzen, einer hyalinen, zähen, contractilen Grundmasse, die an den Umrissen der Zweige als ein heller Saum erscheint, und einer feinkörnigen Flüssigkeit. Die erste Substanz ist contractil und dehnbar, sie besitzt eine dichtere Consistenz als die Flüssigkeit. Die beiden Substanzen verhalten sich aber gegeneinander nicht etwa bloß wie Hülle und Inhalt, sondern die hyaline (contractile) ist ebenso wie die flüssige auch im Innern des Plasmodiums enthalten, sie ist so zu sagen das Bindemittel für das Ganze; ihre Dehnbarkeit ist so groß, daß sie der anderen in Strömen fließenden Substanz in allen Richtungen freien Durchgang gestattet, was sich besonders deutlich bei der Verschmelzung zweier Plasmodienäste zu erkennen giebt. Die in hohem Grade contractile Grundsubstanz**) befindet sich nicht selten ganz in Ruhe, während die körnerführende Flüssigkeit in ihr entlang strömt; die Grundmasse ist aber auch einer selbständigen, von der fließenden Substanz unabhängigen Bewegung fähig.

Diese Auffassung wird von DE BARY***) bekämpft; nach ihm besteht das Protoplasma nicht aus zwei verschiedenen, sondern nur aus einer Substanz, welchen an verschiedenen Punkten verschiedene und wechselnde Cohäsion und Beweglichkeit besitzt, und soll der flüssige Zustand überall in den festeren übergehen können†). »Beide Substanzen müssen daher wesentlich die gleiche Zusammensetzung haben, und sind nur durch den Grad der Cohäsion, der Flüssigkeit und Beweglichkeit von einander verschieden, welche an jedem Punkte abwechselnd zu- oder abnehmen kann.††). Diese abweichende Auffassung wird jedoch von DE BARY durch kein einziges entscheidendes

*) l. c. S. 326.

**) l. c. S. 405 ff.

***) l. c. S. 55.

†) l. c. S. 47.

††) l. c. S. 45.

Argument gestützt, denn die Neubildung der contractilen Randschicht bei Durchschneidung eines Plasmodiumastes läßt sich ebenso gut nach der Auffassung von CIENKOWSKI erklären, indem man annimmt, daß die contractile Grundmasse über der Wundfläche lückenlos zusammen-schließt und die körnerführende Flüssigkeit nach innen drängt.

KÜHNE*) faßt ebenfalls die ganzen Plasmodien der Schleimpilze als Protoplasma auf, ebenso denjenigen Theil des Zelleninhalts der Staubfadenhaare von *Tradescantia*, welchen man allgemein als Protoplasma ansieht.

HOFMEISTER**) definirt das Protoplasma folgendermaßen: »Es ist allerwärts ein wesentlich gleichartiger Körper von zähe flüssiger Beschaffenheit, reichlich Wasser enthaltend, von leichter Verschiebbarkeit seiner Theile; quellungsfähig, in hervorragender Weise die Eigenschaften einer Colloidsubstanz besitzend — ein Gemenge verschiedener organischer Substanzen, unter denen eiweißartige Stoffe und solche der Dextrinreihe nie fehlen, von der Consistenz eines mehr oder minder dicklichen Schleimes, mit Wasser nur langsam und nicht in jedem beliebigen Verhältnisse mengbar«.

HANSTEIN***) rechnet zum Protoplasma im Allgemeinen die gleichen Zellenbestandtheile, wie seine Vorgänger, auch die Plasmodien der Myxomyceten werden von ihm als nur aus Protoplasma bestehend aufgefaßt†). Dabei zeigt sich bei HANSTEIN eine Hinneigung zu dem unter den Zoologen verbreiteten Dogmatismus, die Substanz des Protoplasma als ein »Albuminat« oder als ein Gemenge von Albuminaten anzusehen, indem er hierbei einen hypothetischen Eiweißstoff annimmt und mit dem Namen Protoplastin belegt, welcher die Substanz des Protoplasma bilden solle. »Immerhin wird es einstweilen nützlich sein, die specielle Albuminatform, welche die Masse

*) Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864.

**) Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867.

***) Das Protoplasma als Träger der pflanzlichen und thierischen Lebensverrichtungen. 1879.

†) l. c. S. 54.

des Protoplasmas aller Pflanzenzellen zu bilden scheint, und die vielleicht auch die Grundlage der Kernmasse und der Microfomen ausmacht, oder ihr beigemischt ist, mit einem einfachen Namen zu bezeichnen, der freilich einstweilen um so mehr einen nur hypothetischen Werth haben kann, als wir noch nicht wissen, ob dies eben eine einheitliche Albuminatverbindung ist, oder ein Gemenge mehrerer. Aus der hier entwickelten Anschauung heraus sei mithin dasjenige einheitliche Albuminat oder diejenige Gesellschaft von Albuminaten, deren Natur sie befähigt, allen den vom Protoplasmaleib ausgehenden, mechanischen, chemischen, vitalen Leistungen als Werkzeug und Vermittlungssubstanz zu dienen, mit der Benennung «Protoplastin» benannt (*). Ferner: »Es liegt kein Grund vor, das fließende und das festgestaltete Protoplasma als aus chemisch verschiedenen Verbindungen bestehend zu denken. Beide scheinen vielmehr nur Formen des gleichen Protoplastins zu sein, welche nur durch ihren Wassergehalt von einander abweichen (**). Aehnlich äußert sich auch HANSTEIN in seiner hinterlassenen Abhandlung: Einige Züge aus der Biologie der Protoplasma. Bonn 1880. Z. B. folgendermaßen S. 9: »Endlich will Verfasser diejenige *einzelne* Eiweißsubstanz oder diejenige *Gruppe mehrerer* verwandter Eiweißstoffe, welche nach heutigem Stand unserer Kenntnisse — oder besser Annahmen — die eigentlich thätige Masse des Protoplasmaleibes ausmachen und welche zur Zeit *allein* geeignet scheinen, die Träger und ersten Angriffspunkte, selbst die einzig greifbare stoffliche Quelle der vitalen Verrichtungen und Triebe zu sein, als hypothetische Stoffverbindung oder Verbindungsgruppe mit dem hypothetischen Namen »*Protoplastin*« belegen«. Ferner Seite 8: »Das Wort *Protoplasma* bedeutet für den Verfasser lediglich den gesammten organisirten, lebendigen, aus eiweißartiger Substanz bestehenden, feste, weiche und flüssige Theile umfassenden Zellenleib im Gegensatz einerseits zur Cellulose = Wand, andererseits zu dem das Innere erfüllenden »*Zellsaft*«, endlich zu den sämmtlichen im Zellinneren

*) l. c. S. 25.

**) l. c. S. 38.

oder selbst im Körper des Protoplasma enthaltenen, zum Theil verborgenen, formlosen oder geformten Substanzen, welche theils zur chemischen Arbeit noch bestimmt, theils schon verarbeitet, selbst organifirt (z. B. Stärke), etwa zu späterem Verbrauch darin enthalten sind. Alle diese letzteren heißen für den Verfasser »*Umbildstoffe*«, Metaplasmata. (Selbstverständlich sind davon gänzlich bei Seite gelegte *Secrete* wie etwa Kalkoxalat noch zu unterscheiden.)

Es erschien mir zweckmässig, einige der bezeichnendsten Aeusserungen HANSTEIN'S wörtlich hierher zu setzen, weil seine Andeutungen über die von ihm geschaffenen Begriffe »Protoplastin« und »Metaplasma« sich nur schwierig referiren lassen würden. Auch glaube ich, daß aus der angeführten Definition HANSTEIN'S in Betreff des Protoplastins ohne Commentar ersichtlich ist, daß dieser Begriff etwas wesentlich anderes bedeutet, als das in den Plasmodien von *Aethalium* unterschiedene *Plastin*, welch' letzterer Name einen durch rein chemische Merkmale gekennzeichneten Körper bezeichnet.

In Bezug auf seine Auffassung der anatomischen Structur des Protoplasma sucht HANSTEIN zwischen den Anschauungen von CIENKOWSKI und von DE BARY offenbar zu vermitteln. Er unterscheidet die flüssigen Theile des Protoplasma von den festen und bezeichnet erstere mit dem sehr zweckentsprechenden Namen *Enchylema*; dann aber glaubt er, daß die feste Hautsubstanz allmählig in das strömende Körnerplasma übergehe; es sei die gleiche Substanz, die kleinsten Theilchen aber lockerer oder fester verbunden*). Die in der hyalinen Grundsubstanz des Protoplasma sichtbaren und verschiebbaren kleinen Körnchen werden von HANSTEIN als »*Microsomen*« bezeichnet.

Nachdem bereits früher durch HOHMEISTER**) eine radiale Streifung und eine undeutliche Schichtung in der Hautschicht von Plasmodien des *Aethalium septicum* angegeben worden war, nachdem ROSANOFF***) eine ähnliche Differenzirung, d. h. eine Gitterung,

*) Das Protoplasma. S. 38.

**) Die Lehre von der Pflanzenzelle. S. 25.

***) HOHMEISTER l. c. S. 369.

für die protoplasmatische Grundsubstanz der Chlorophyllkörner von *Bryopsis* beobachtet hatte, verdanken wir weitere Kenntniffe über innere Structurverhältnisse das Protoplasmaleibes der Zelle den Arbeiten STRASBURGERS*); derselbe zeigte zunächst, daß bei den Vorgängen der Kerntheilung ein Theil der Substanz des Protoplasmaleibes der Zelle sich zu feinen Fibrillen fondert, den Spindelfasern, während in anderen Fällen, namentlich bei der freien Zellbildung, das Protoplasma eine gegen den Kern radiär gerichtete Streifung zeigt; die dabei auftretende Differenzirung der eigentlichen Kernsubstanz soll hier nicht weiter berührt werden. Ferner zeigte STRASBURGER, daß die Hautschicht der Schwärmsporen von *Vaucheria* von dichteren, radial stehenden Stäbchen durchsetzt wird, denen die Wimpern aufsitzen, während das innere Protoplasma der Schwärmspore einen netzförmig gekammerten Bau erkennen läßt; diese letztere Structur findet sich besonders auch in den Eiern der Coniferen und Gnetaceen. »Das Protoplasma des Eies von Ginkgo« sagt STRASBURGER**) »ist sehr locker gebaut, es bildet polygonale, mit Zellsaft erfüllte Kammern. Im optischen Durchschnitte erscheint es daher als Netzwerk. Alle Körnchen liegen in und an den Wänden der Kammern«. Nach dem Vorgange PRINGSHEIM'S unterscheidet auch STRASBURGER im Protoplasma Hautschicht und Körnerschicht oder Körnerplasma, er hält die Grundsubstanz des letzteren für verschieden von der Substanz der Hautschicht, doch können beide auseinander hervorgehen: überhaupt erklärt STRASBURGER das Protoplasma für einen äußerst complicirten Körper.

Befonderes Interesse gewähren FERDINAND COHN'S***) Aeufserungen über die Organisation der Schwärmsporen von *Gonium Tetras*, sowie einiger anderer Primordialzellen. Erwähnung verdient namentlich seine Auffassung der functionellen Bedeutung der contractilen Vacuolen. »Es ist in hohem Grade wahrscheinlich«, schreibt COHN,

*) Zellbildung und Zelltheilung. — Studien über das Protoplasma. Jena 1876.

**) Zellbildung. 3. Aufl. S. 46.

***) Beiträge der Biologie der Pflanzen. II. S. 101 ff. 1877.

»dafs diese Vacuolen, welche stets dicht unter der Hautschicht oder Cuticula liegen und bei der Contraction mitunter in ein strahlenartiges den Körper durchziehendes System feiner Kanälchen sich umwandeln, eine besondere Organisation der Zelle darstellen, welche zur Aufnahme sauerstoffhaltigen Wassers von Aussen, und zur Vertheilung desselben im Körperplasma angepaßt ist, dafs sie also die ersten Andeutungen eines Respirations- und Circulationsystems sind«. Nach einer weiteren Besprechung der microskopischen Differenzirung solcher Zellen äufsert dieser Forscher die folgende Ansicht: »Offenbar tritt uns hier eine weiter und weiter gehende Localisirung einzelner Lebensfunctionen in bestimmten Regionen einer und der nämlichen Zelle entgegen, welche speciellen Zwecken entsprechend organisirt werden«.

Einzelheiten einer feineren Structurdifferenzirung im Protoplasma der Erbsen sind auch von TANGL*) beschrieben worden, bezüglich deren hier aber auf das Original hingewiesen werden muß.

Demnächst hat PRINGSHEIM**) die Grundsubstanz der Chlorophyllkörner genauer untersucht und gefunden, dafs dieselbe aus einem feinen, netzartigen Gerüst besteht, dessen Maschen von dem Lösungsmittel des Chlorophyllfarbstoffes erfüllt werden.

Neuerdings sind weitere Angaben über die microskopisch unterscheidbare Structur des Protoplasma durch FROMMANN***) veröffentlicht worden.

Derfelbe beschreibt in dem Protoplasma lebender Pflanzenzellen ein Netzwerk überaus feiner Fäden, die Knotenpunkte dieses Netzwerks erscheinen ihm als Körnchen. In einzelnen Fällen, wo das Protoplasma nicht netzig differenzirt erscheint, sind die Maschen zu enge, um gesehen werden zu können, nur ihre Knotenpunkte sind dann als Körnchen erkennbar. In weitmaschigen Netzen zeigen die

*) TANGL, das Protoplasma der Erbsen; zwei Abhandlungen. Sitzungsber. d. Kgl. Acad. d. Wissensch. in Wien 1877 u. 1878.

**) Monatsber. d. Berl. Acad. d. Wissensch. Nov. 1879 und Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. XII. S. 289 ff. 1881.

***) Beobachtungen über Structur und Bewegungsercheinungen des Protoplasma der Pflanzenzelle. Jena 1880

Fäden deutliche Contractilitäts-Bewegungen, man sieht sie erzittern und oscilliren; einzelne Fäden eines Netzes können sich theilen, selbst in Körner zerfallen, andere Fäden verschmelzen mit einander, neue treten aus älteren seitlich hervor, kurz diese Fäden oder *Fibrillen* machen die mannigfachsten Bewegungen und Massenverschiebungen durch. Auch die Zellwand ist nach FROMMANN kein Secret des Protoplasmaleibes, sondern durch direkte chemische Umwandlung der äußeren Protoplasmalschichten entstanden.

Einige kurze Mittheilungen von SCHMITZ*), dessen Untersuchungen unabhängig von FROMMANN über den gleichen Gegenstand angestellt wurden, liefern ein im Wesentlichen mit demjenigen FROMMANN'S übereinstimmendes Ergebnis hinsichtlich der feineren mikroskopischen Structur des Protoplasma. — —

Uebersichten wir jetzt nochmals die Anwendung des Begriffes Protoplasma durch die verschiedenen genannten und durch andere Autoren, so ergibt sich die Begriffsbestimmung fast überall als eine anatomische oder morphologische. Es ist eigentlich nur HANSTEIN, welcher diesen Begriff chemisch zu definiren sucht, und in diesem Veruche vermag ich ihm nicht beizupflichten; denn er stützt sich auf eine willkürliche Annahme und folgert daraus hypothetische Schlüsse. Das Wesentlichste in den Definitionen HANSTEIN'S scheint mir die Trennung von Protoplasma und Metoplasma zu sein; das erstere soll nur die Eiweißstoffe, das letztere die Stärkekörner, Oeltropfen und alle (?) nicht eiweißartigen Substanzen auch in demjenigen Theile des Zellinhalts umfassen, welchen man gewöhnlich Protoplasma nennt. Dann aber rechnet HANSTEIN sein Enchylema doch wieder zum Protoplasma. Ich meinerseits glaube, daß man diese Eintheilung in Protoplasma und Metoplasma besser fallen läßt; wollte man nur die Eiweißstoffe als Protoplasma gelten lassen, so wäre eine morphologische Umgrenzung des Begriffes, wie sie bis jetzt allgemein in der Wissenschaft gehandhabt wurde, überhaupt nicht möglich. Will man

*) Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. v. 13. Juli 1880.

z. B. das Plastin wegen seines geringen Stickstoffgehaltes nicht zu den Eiweißkörpern rechnen, so würden in der Trockensubstanz der Plasmodien von *Aethalium septicum* nur etwa 6 pCt. auf »Protoplasma« entfallen. Will man dagegen auch nichteiweißartige Körper dem Protoplasma zuzählen, so würde die Grenze zwischen Protoplasma und Metaplasma eine noch willkürlichere sein; man würde eventuell genöthigt sein, unter den Botanikern durch Abstimmung und Majorität zu entscheiden, ob z. B. Lecithin oder Cholesterin u. f. w. zum Protoplasma oder zum Metaplasma gehören sollen. Ich ziehe es daher vor, auf das Metaplasma ganz zu verzichten und statt dessen den Begriff des Protoplasma in der ursprünglichen Fassung, d. h. als einen rein morphologischen, festzuhalten. Die Plasmodien der Myxomyceten bestehen für mich nur aus Protoplasma. Dann gebe ich nichts weiter Preis, als das aus willkürlichen Annahmen hervorgegangene Dogma, daß das Protoplasma »lebendes Eiweiß« sei. Aus diesen Gründen hat sich für mich durch den Nachweis der zahlreichen chemischen Individuen im Protoplasma von *Aethalium* eine Nöthigung zur Aenderung des bisherigen Begriffes Protoplasma *nicht* ergeben. — — —

Man braucht natürlich den Begriff des Protoplasma nicht bloß in morphologischer und physiologischer, man vermag ihn auch in physikalischer und chemischer Hinsicht zu behandeln.

In *physikalischer* Hinsicht ist das Protoplasma, um einen möglichst allgemeinen Ausdruck zu gebrauchen, ein *materielles System von spezifischer Configuration und spezifischer Bewegung*; durch diese Configuration (d. h. die relative Lage seiner Theilchen) und durch seine Bewegungen werden die Leistungen des Protoplasma bedingt.

In *chemischer* Hinsicht wäre das Protoplasma als ein *Gemenge* sehr zahlreicher verbrennlicher und unverbrennlicher Verbindungen zu betrachten, unter denen zunächst das Wasser und dann, wenigstens bei *Aethalium septicum*, eine eiweißähnliche Substanz, das Plastin, quantitativ prävaliren. Die chemische Zusammensetzung ist aber keine constante, sondern unausgesetztem Wechsel und fortwährenden Veränderungen unterworfen. Das lebsthätige Protoplasma repräsentirt

in chemischer Hinsicht keinen Gleichgewichtszustand seiner Bestandtheile, sondern einen Strom und Wirbel durch einander stürmender Atombewegungen.

Auch diese chemischen Eigenschaften des Protoplasma lassen sich auf seine physikalischen zurückführen und erscheinen dann als Eigenthümlichkeiten der Configuration und der Bewegung desselben.

Aus *biologischem* Gesichtspuncte (ich verstehe darunter den morphologischen und den physiologischen) betrachtet ist das Protoplasma ein *Organismus*. Es scheint nicht nöthig, auf diesen Begriff hier ausführlicher einzugehen, weil derselbe oft genug Gegenstand von Untersuchungen gewesen ist. Nur ganz kurz mag hervorgehoben sein, daß ich einen Organismus als einen mechanischen Apparat aufzufassen geneigt bin, der, aus eigenthümlichen Substanzen construirt, durch das Gefüge seiner Theile eigenartige Bewegungen automatisch zum Ausdruck bringt, der unter Formwechsel und Stoffwechsel sich entwickelt, fremde Substanzen durch Assimilation in Substanz des eigenen Körpers umzuwandeln vermag, der hierdurch an Masse zunimmt und durch Theilung sich in das Unbegrenzte vermehren kann, dessen Entwicklung endlich mit dem Tode abschließt.

Es erhellt ohne Weiteres aus dieser Definition, daß wir auch den biologischen Gesichtspunct dem physikalischen unterzuordnen vermögen, denn die morphologische Betrachtung des Protoplasma bezieht sich auf seine Configuration, die physiologische auf seine Bewegung. Aus diesem Gedankengange ergiebt sich auch die allein durchführbare Definition von Morphologie und Physiologie, und zugleich der innige Zusammenhang beider Disciplinen, da in jedem materiellen Systeme Configuration und Bewegung wechselseitig einander bedingen.

Nachdem wir so die allgemeinsten Beziehungen hervorgehoben haben, welche den Begriff des Protoplasma darbietet, wollen wir noch auf einige speciellere Verhältnisse eingehen.

Zu den bemerkenswertheften Eigenthümlichen des Protoplasma gehören seine Contractilität und die davon abhängigen Bewegungen

feiner Substanz; feine Irritabilität; fein eigenthümlicher Chemismus; die Mannigfaltigkeit feiner specifischen, erblichen Eigenschaften.

Daß die Körpermasse des Protoplasma, wenigstens von *Aethalium septicum*, sich aus zwei differenten Theilen zusammensetzt, einem festen aber plattförmig weichen und einer Flüssigkeit, darf wohl durch den gelungenen Versuch, die beiden Bestandtheile durch Abpressen von einander zu trennen, als endgültig festgestellt angesehen werden. Wenn wir dem Protoplasma, wie es ja allgemein geschieht, Contractilität zuschreiben, so ist dies auch garnicht anders denkbar. Denn wir verstehen unter Contractilität die Eigenschaft eines Körpers sich zu verkürzen und dabei gleichzeitig breiter (dicker) zu werden, oder sich zu verlängern und sich gleichzeitig zu verschmälern. Wenn wir solche Contractilitäts-Bewegungen in rhythmischem Wechsel eintreten sehen, wenn durch sie mechanische Arbeit geleistet wird, wenn ihre Richtung ebenso gut gegen als mit der Schwerkraft fallen kann, so kann in einem derartig contractilen Körper nicht ausschließlich ein molecularer Gleichgewichtszustand herrschen, wie in einer Flüssigkeit, die, sich selbst überlassen, einen Tropfen bildet. Es muß zum Mindesten ein Theil der Substanz den festen Aggregatzustand besitzen, was immerhin mit einer so großen Verschiebbarkeit der Theilchen vereinbar ist, wie sie der contractile Zustand erfordert. Als Träger der Contractilität im Protoplasma betrachte ich das *Plastin*, welches im Verein mit anderen Bestandtheilen der festen Gerüstsubstanz ebenso die Wimpern der Schwärmsporen und Spermatozoiden bildet wie auch die von FROMMANN für das Innere des Protoplasma angegebenen Fibrillen. Ich glaube ferner, daß die Contractilitäts-Bewegungen des Protoplasma durch wechselnde Verkürzung und Verlängerung der Plastinfibrillen und Platten zu Stande kommen, und daß diese Contractionen und Expansionen der Substanz auf den einzelnen Längsseiten einer Fibrille verschieden sein können, sehen wir an den Schwingungen und der korkzieherförmigen Zusammenziehung der Wimpern an den Schwärmsporen. Im gewöhnlichen Protoplasma sind, wie es scheint, die Fibrillen

zu Netzen verbunden, liefen sie alle parallel, so würde ein Plasmodiumast sich einem Muskel, etwa einer glatten Muskelfaser, vergleichen lassen. Immerhin bilden die Plastinfibrillen und Diaphragmen das *mechanische System* im Protoplasma, welches in der angedeuteten Weise die spontanen, amöboiden Bewegungen desselben unterhält.

Auch die Strömung des Enchylema im Innern des Protoplasma läßt sich theoretisch auf Contractionen der Gerüstsubstanz zurückführen. Wir brauchen dabei durchaus nicht zu erwarten, daß ein ganzer Plasmodiumast an der Stelle sich zusammenzieht, wo eine Saftströmung ihren Ursprung nimmt, der Sitz der treibenden Contractionen kann in der inneren Gerüstsubstanz gelegen sein. Es würde dann die Strömung durch eine Art von Pumpwerk zu Stande kommen; soll dabei ein Strom continuirlich in einer Richtung fortlaufen, so wird allerdings das Vorhandensein von Klappen erforderlich, die vielleicht durch zarte Platin-Diaphragmen gebildet werden könnten. In neuerer Zeit ist durch VELTEN*) eine andere Hypothese über die Ursache der Strömung im Protoplasma entwickelt worden, welche derselbe in galvanischen Strömen erblicken zu sollen glaubt; ich glaube jedoch Beweise für die Unrichtigkeit dieser Vorstellung in Händen zu haben und werde dieselben an einer anderen Stelle mittheilen.

Wichtig für den Mechanismus der Contractilität ist noch die durch KÜHNE festgestellte Thatfache, daß für das Zustandekommen von Contractilitäts-Bewegungen die Gegenwart von freiem Sauerstoff nothwendig ist. Eine sorgfältige Berücksichtigung verdient auch die durch ENGELMANN**) gemachte Entdeckung, daß die contractilen Organe doppelbrechend zu sein pflegen und sich positiv einaxig verhalten, wobei die optische Axe mit der Richtung der Verkürzung zusammenfällt. Da ENGELMANN auch das Protoplasma von *Actinosphaerium Eichhornii* doppelbrechend fand, so glaubt er, daß Contractilität stets an das Vorhandensein doppelbrechender Substanz geknüpft sei.

*) Sitzungsab. d. Acad. d. Wissensch. in Wien. LXXIII. April 1876.

**) PFLÜGER's Archiv XI. S. 432. 1875.

Mechanisch noch weniger interpretierbar als die Contractilität und automatische Beweglichkeit ist die *Reizbarkeit* des Protoplasma. Wir wissen namentlich aus dem bereits oben citirten Buche von KÜHNE, daß das Protoplasma bei mechanischer Reizung, z. B. durch Inductionsschläge, die Tendenz zeigt, sich kugelig zusammen zu ballen. Auch Temperaturschwankungen wirken als Reize, indem sie im Stande sind, Contractilitäts-Bewegungen zu fixiren. Das Licht, namentlich plötzlicher Wechsel in der Intensität der Beleuchtung, wirkt als Reiz und vermag Contractilitäts-Bewegungen auszulösen. So fand ENGELMANN*), daß bei plötzlicher Beleuchtung das Protoplasma von *Pelomyxa palustris*, einem großen Rhizopoden des süßen Wassers, sich contrahirt. Die im Dunkeln an der Oberfläche der Lohe sich ausbreitenden Plasmodien von *Aethalium septicum* ziehen sich bei intensiver Beleuchtung in das Innere des Lohehaufens zurück. Wahrscheinlich gehören auch die vom Lichte abhängigen Bewegungen der Chlorophyllkörner, der Schwärmsporen, der Diatomeen, Desmidiaceen und Oscillarien in diese Gruppe von Erscheinungen.

Zu dem für den Begriff des Protoplasma am meisten charakteristischen Merkmalen gehört der eigenthümliche *Chemismus* desselben; die beiden folgenden Abschnitte sind der Betrachtung desselben ausschließlich gewidmet.

Endlich sei noch mit wenigen Worten des Art-Characters und der Erblichkeit gedacht, als deren Träger man allgemein das Protoplasma ansieht. Der Species-Character zeigt sich ja in den entscheidenden Merkmalen constant, indem z. B. aus dem Protoplasma der befruchteten Eizelle von *Halidrys siliquosa* stets wieder Individuen der gleichen Art sich entwickeln. Ebenso wissen wir aber auch, daß eine Reihe von Species-Merkmalen, die man als außerwesentliche bezeichnen kann, Schwankungen unterliegen, variiren, so daß man niemals zwei Individuen von *Halidrys siliquosa* finden wird, welche einander vollständig gleichen. Das Vermögen, Formen zu reprodu-

*) PFLÜGER's Archiv XIX, S. 1.

ciren, die in wesentlichen Stücken einander gleichen, ist die Erbllichkeit. So wunderbar uns nun auch das specifische Entwicklungsvermögen des Protoplasma erscheinen muß, wenn ein *relativ* einfaches materielles System, wie die befruchtete Eizelle von *Tilia*, durch bloße Anlage-
rung (Assimilation) materieller Theilchen zu einem so relativ compli-
cirten System, wie der blühende Baum es ist, sich schrittweise um-
wandelt — so würden wir uns doch das einmal mit diesem Entwick-
lungsvermögen begabte Protoplasma *ohne* Erbllichkeit garnicht denken
können. Wir werden nicht umhin können, anzunehmen, daß der
Species Charakter z. B. von *Pinnularia virides* auf einer constanten
Organisation des Protoplasma, d. h. auf einer gegebenen Configuration
feiner Theilchen beruhe. Wenn nun bei der Vermehrung durch
Theilung sich der Protoplasmakörper in zwei Hälften spaltet, so liegt
es doch offenbar näher, zu vermuthen, daß in beiden Hälften eine
dem Species-Character entsprechende, übereinstimmende Configuration
der Theilchen besteht, als daß in der einen Hälfte eine wesentlich
andere Combination und Organisation Platz gegriffen haben soll. Auf
jeden Fall würde das Protoplasma, als materielles System betrachtet,
unserer physikalischen Auffassung größere Schwierigkeiten darbieten,
wenn wir es uns ohne Erbllichkeit vorstellen wollten, als so, wie es
ist; dies hindert aber nicht, daß wir den Proceß der Vererbung
morphologischer Eigenschaften bis jetzt im Einzelnen nicht zu er-
klären vermögen. Nur ganz allgemein können wir annehmen, daß
die specifische Organisation des Protoplasma einer gegebenen Pflanzenart
beim Wachsthum die neu hinzutretenden Substanztheile auf eine con-
stante Weise sich anzulagern und einzufügen weifs.

II. Die Hauptaufgaben der vergleichenden physiologischen Chemie des Protoplasma.

Die Untersuchungen über das Protoplasma haben sich bisher vorwiegend auf dem Gebiete der Microskopie bewegt; nicht bloß die feineren Details der sichtbaren Structur hat man durch das Microskop zu entziffern versucht, sondern auch die Prüfung der stofflichen Zusammensetzung des Protoplasma ist in der Regel eine microchemische geblieben.

Der Grund hierfür ist hauptsächlich in der Kleinheit der meisten Pflanzenzellen zu suchen, indem ja bei einem chemischen Studium des Protoplasma unmöglich ganze, aus vielen Tausenden von Zellen zusammengesetzte Pflanzen ohne Weiteres verarbeitet werden dürfen, weil sich bei diesem Verfahren die Bestandtheile der Zellwand, des Safttraumes und der Secrete von denen des Protoplasma nicht würden trennen lassen. Daher ist man bei allen höheren Pflanzen zunächst genöthigt, die chemischen Untersuchungen direct unter dem Microscope vorzunehmen, weil durch dieses Instrument allein die einzelnen Theile der Zelle sich auseinander halten lassen. Allein wenn man berücksichtigt, daß die meisten microchemischen Prüfungen sich auf Farbenreactionen stützen, wenn man ferner in Erwägung zieht, daß die Farbenreactionen doch nur für eine sehr beschränkte Zahl von Substanzen erfolgreich sich anwenden lassen, daß mit ihrer Hülfe allein die analytische Chemie nur geringe Erfolge würde erzielen können, so bleibt es ein wesentliches Bedürfnis, die Bestandtheile der Pflanzen auch nach anderen Methoden als durch microchemische Färbungen zu untersuchen.

Nun sind zwar Pflanzenanalysen in außerordentlich großer Zahl bereits zur Ausführung gelangt und wir verdanken denselben die mannichfachen Kenntnisse über die Zusammensetzung des Pflanzenkörpers, allein sehr wenige derselben sind geeignet, uns directen Auf-

schluß über den für den Physiologen interessantesten und wichtigsten Bestandtheil der Pflanzenzelle, über das Protoplasma, zu gewähren. Die überwiegende Mehrzahl dieser Analysen verfolgte auch ganz andere Ziele, als die Erweiterung des pflanzenphysiologischen Wissens; in der Regel galten dieselben practischen Zwecken der Pharmacologie, der Industrie und der Landwirthschaft, und selbst wenn ein Pflanzentheil im Interesse theoretisch-chemischer Forschung der Analyse unterworfen ward, handelte es sich meistens um die Darstellung eines oder des anderen felteneren Stoffes, dessen isolirter Nachweis dem physiologischen Interesse zunächst kaum dienstbar gemacht werden konnte.

Hiermit soll keineswegs gefagt sein, daß man aus den bis jetzt vorliegenden Pflanzenanalysen sich nicht eine mehr oder weniger angenähert zutreffende Vorstellung über die chemische Beschaffenheit der einzelnen Hauptbestandtheile der Pflanzenzelle zu bilden vermocht hätte, allein diese Vorstellungen sind bis jetzt in eben dem Maasse unsicher und ungenau geblieben, wie sie bei der Verarbeitung ganzer Zellen und Gewebecomplexe mit Nothwendigkeit bleiben mußten. Dies gilt insbesondere vom Protoplasma, über welches auch heute noch in vielen Büchern und Abhandlungen, namentlich der zoologischen Literatur, die einfache Aussage zu lesen ist, daß es »aus Eiweiß« bestehe, ja nackte Zellen sind sogar als Eiweißklümpchen bezeichnet worden. Selbst in einer neuerdings erschienenen Untersuchung^{*)} kommt NÄGELI zu dem Ergebnisse, daß das Plasma der Bierhefenzelle fast gänzlich aus Albuminaten bestehe; in der Gesammttrockensubstanz der Hefe sollen 36 pCt. durch gewöhnliches Albumin gebildet werden.

Um daher ein wirklich zutreffendes Bild von der chemischen Zusammenfetzung des Protoplasma, dieser wichtigsten Bildung an der Erdoberfläche, welche immer mehr als der eigentliche Träger aller Lebensfunctionen angesehen wird, zu gewinnen, ist es zunächst noth-

^{*)} NÄGELI, über die chemische Zusammenfetzung der Hefe (Sitzungsber. der k. b. Acad. d. Wissensch. in München v. 4. Mai 1878. S. 268).

wendig, isolirtes Protoplasma, welches nicht in Zellwände eingekapselt ist, auch keinen größeren, von wässeriger Lösung erfüllten Saft Raum einschließt, dem Studium zu unterwerfen. Derartiges Protoplasma wird in ausreichender Quantität nur von den jungen, eben aus den Plasmodien geformten Fruchtkörpern der Schleimpilze geliefert. Die erste methodische Untersuchung des Protoplasma hatte daher beim Protoplasma von *Aethalium septicum* einzusetzen, von welchem sich leicht das für die chemische Analyse erforderliche minimale Quantum, d. h. einige Kilogramme, beschaffen läßt.

Wenn eine *vollständige* Analyse des Protoplasma eines Schleimpilzes gelungen ist, so wird dieselbe auch als Ausgangspunkt für die Untersuchung des in Zellwände eingeschlossenen Protoplasma dienen können. Man würde dann, ganze Schimmel- und Hefepilzmassen oder die aus zahlreichen Zellen zusammengesetzten Organe höherer Gewächse der Analyse unterwerfend, in der Kenntniss des Myxomyceten-Plasma einen Prüfstein besitzen dafür, ob man eine gefundene Verbindung der Zellwand oder dem Protoplasma zurechnen dürfe. Stets aber wird bei kleinzelligen Geweben der Filtrationswiderstand der Zellwände gegen colloidale Lösungen, insbesondere aber auch die Verschiedenheit der Zusammenfassung des Protoplasma in den verschiedenen Gewebesystemen complicirt gebauter Pflanzen eine nicht geringe Schwierigkeit verursachen, welcher man nur theilweise durch sorgfältige Auslese homogener Gewebe und feinsten Zerkleinerung derselben in getrocknetem Zustande wird begegnen können.

Die nächst den Myxomyceten für das chemische Studium des Protoplasma günstigsten Gewächse sind eine Anzahl von Algen, welche als Siphonaceen bezeichnet zu werden pflegen, z. B. *Vaucheria*, *Caulerpa*, *Valonia*. Werden diese zerkleinert, so wird man aus ihnen die löslichen Substanzen des Protoplasma vollständig extrahiren können, bei *Vaucheria* und *Valonia* allerdings mit den Bestandtheilen des Saft Raumes vermischte; die letztgenannte Pflanze dürfte jedoch auch für das Studium der Frage geeignet sein, wie sich in chemischer

Hinsicht der eigentliche den Saft Raum erfüllende Zellflüssigkeit zum Enchym des Protoplasma verhalte.

Die chemische Analyse des Protoplasma von *Aethalium septicum*, die zunächst angestrebt wurde, konnte unmöglich die bloße Erkenntnis der dasselbe aufbauenden Grundstoffe und deren relative Quantität als letztes Ziel sich stecken, denn diese Grundstoffe und ihre relative Menge würden sich nicht ändern, wenn man z. B. das Protoplasma in einer Bombe der Weißglühhitze aussetzen wollte, wobei doch sicherlich zahllose chemische Umsetzungen in demselben Platz greifen würden. Die bloße elementare Analyse des Protoplasma kann daher nur indirectes Interesse besitzen, in sofern sie als Controle zur Feststellung der das Protoplasma aufbauenden *Verbindungen* zu dienen vermag.

Die Ermittlung der chemischen Verbindungen, höherer und niedriger Ordnung, ist demnach als das Ziel der physiologisch-chemischen Analyse zu bezeichnen, eine Aufgabe, welche leicht gestellt aber schwer gelöst wird. Die vollständige Isolierung der ein so complicirtes Gemenge, wie das Protoplasma, aufbauenden Verbindungen, dürfte in der That zu den schwierigsten Problemen der analytischen Chemie gehören und gerade bei *Aethalium* hat die Untersuchung mit so vielen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt, daß einige Male nur das Bewußtsein der fundamentalen Bedeutung dieser Arbeit den Muth zur Weiterführung der Untersuchung verlieh; nur dieses Bewußtsein konnte veranlassen, die gewonnenen Bruchstücke, welche weit entfernt sind, ein completes Bild der chemischen Structur des Protoplasma zu liefern, der Oeffentlichkeit zu übergeben, in der Hoffnung, daß es gelingen werde auf dieser Grundlage weiter zu bauen und nach und nach den gewonnenen Torso zu vervollständigen.

Die Schwierigkeiten, mit welchen die Analyse des Protoplasma zu kämpfen hat, sind mancherlei Art. Einmal sind viele Verbindungen desselben in so geringer Menge darin enthalten, daß man, um ihre Identität über jeden Zweifel sicher zu stellen, in der Lage sein müßte, Centner zu verarbeiten, wo man nur im Stande ist, Kilogramme zu

sammeln. Zweitens ist es schwierig oder bis jetzt sogar unmöglich, einen Theil der das Protoplasma ausmachenden Verbindungen krySTALLISIRT oder doch von Beimengungen völlig rein zu erhalten. Nicht genug, daß stets eine gewisse Quantität an Substanz bei der Verarbeitung als syrupöse und schmierige Masse zurückbleibt, verhindern diese Substanzen auch noch das AuskrySTALLISIREN anderer Verbindungen, welche im reinen Zustande sehr leicht zur KrySTALLISATION gebracht werden können. Dabei vermöchte man keineswegs zu behaupten, daß diese nicht characterisirbaren Verbindungen physiologisch geringere Wichtigkeit beäßen, als die Uebrigen. Und doch werden wir an die Lösung des wichtigsten Problems der Physiologie, die vollständige Erkenntniß des Stoffwechsels des Protoplasma, nicht eher denken dürfen, als bis wir die constant an seinem Aufbau sich theiligenden und durch dasselbe gebildeten Verbindungen ermittelt haben.

Es ist aber das Schickfal des menschlichen Wissens, nicht etwa *ein* Gebiet bis ans Ende zu durchdringen, seinen Inhalt vollständig auszuschöpfen um dann zu einem anderen, bis dahin unerforschten Gebiete überzugehen, sondern wir suchen uns zunächst mehr im Allgemeinen zu orientiren, tasten hierhin und dorthin, bilden uns mehr oder weniger zutreffende Vorstellungen über das, was uns umgiebt, und erst allmählig klären sich unsere Anschauungen. Aehnlich wird es auch mit der Kenntniß des Protoplasma gehen. Es gelingt nicht, zunächst dasjenige von *Aethalium* vollständig in seine chemischen Constituenten aufzulösen, um dann zu einer anderen Pflanze überzugehen, sondern man wird die leichter zu entziffernden Verbindungen erst an zahlreichen Pflanzen auffinden, um später mit zunehmender Verfeinerung der Methoden auch die analytisch schwierigeren Aufgaben zu lösen. Auch wird dieses Verfahren um so berechtigter erscheinen, als nicht bloß die Kenntniß von der Zusammenfetzung des Protoplasma einer einzigen Pflanze, z. B. des *Aethalium septicum*, sondern die Kenntniß des vegetabilischen Protoplasma im Allgemeinen als Ziel der Forschung uns vorfehwebt. Daß aber diese Zusammenfetzung keine

durchaus identische ist, daß im Protoplasma verschiedener Pflanzen sehr verschiedene Verbindungen enthalten sein können, dafür sprechen die bereits bekannten Pflanzenanalysen. Das vergleichende analytisch-chemische Studium des vegetabilischen Protoplasma wird daher in erster Linie sein Augenmerk auf diejenigen Verbindungen zu richten haben, welche constant in jeder Pflanzenzelle wiederkehren, und diese Verbindungen bilden *die erste Gruppe der nothwendigen Bestandtheile des Protoplasma*. Eine zweite Gruppe nothwendiger Bestandtheile des Protoplasma wird offenbar durch solche Verbindungen hergestellt, welche, bei verschiedenen Pflanzen zwar verschieden, dennoch einen gemeinsamen Gruppencharacter zeigen, und daher für die einzelnen Pflanzen eine vicarirende, d. h. sich gegenseitig vertretende, Bedeutung besitzen, es *muß* aber in einem jeden Protoplasma wenigstens *ein* Repräsentant aus einer Gruppe derartiger Substanzen vorhanden sein. Ein Beispiel wird dies Verhältniß vielleicht noch deutlicher machen. Wir können annehmen, daß zu den nothwendigen Bestandtheilen des Protoplasma ein zuckerartiges Kohlenhydrat gehört; die Form dieses Kohlenhydrats kann bei verschiedenen Arten aber wechseln als Dextrose, Levulose, Rohrzucker, Myeose. Auch können chemisch einander ferner stehende Verbindungen gewiß öfters eine solche physiologische Gruppe bilden.

Als eine dritte Gruppe der Bestandtheile des Protoplasma lassen sich diejenigen variablen Verbindungen zusammenfassen, welche bei jeder Species andere sein können, und welche wahrscheinlich das Product der jedesmaligen Combination der *nothwendigen* oder *constanten* Bestandtheile sind, denen wir sie als *accessorische* gegenüberstellen wollen; dabei mag dahingestellt bleiben, ob dieselben im Laufe des Stoffwechsels wieder zu constituirenden Bestandtheilen ergänzt, beziehungsweise umgewandelt werden können, oder ob sie, darin den eigentlichen Excreten gleich, nach ihrer Bildung keine weitere Verwendung in den chemischen Bewegungsprocessen des Protoplasma finden.

Um das Obige nochmals kurz zusammenzufassen, so haben wir

unter den zahlreichen, das Protoplasma ausmachenden Verbindungen zu unterscheiden: erstens constante, zweitens variable constituirende, drittens accessorische.

Während der erste Theil der Aufgabe, *die Ermittlung der Verbindungen im Protoplasma* der analytischen Chemie zufällt, ist der zweite Theil der Aufgabe, *die Classificirung der gefundenen Verbindungen in jene drei Gruppen* ein Problem der vergleichenden physiologischen Chemie und der Physiologie.

Damit im engen Zusammenhang steht die weitere Aufgabe, zu ermitteln, in welchem quantitativen Verhältniß die Verbindungen nach den einzelnen Lebensphasen wechseln, beziehungsweise, ob einzelne derselben vorübergehend ganz unterdrückt werden können, um sich später von Neuem zu bilden. Denn nicht bloß an ein einzelnes Entwicklungsstadium darf die Untersuchung des Protoplasma anknüpfen, sondern dieselbe muß den ganzen Lebenscyclus mit allen Vorgängen des Stoffwechsels berücksichtigen, um die chemische Seite der Natur des Protoplasma aufzuklären. Damit steigern sich allerdings die Schwierigkeiten, welche der Lösung dieser Aufgabe entgegenstehen.

Weiterhin wird die Forschung auch jener Frage sich zuwenden müssen, ob und in wiefern zwischen der chemischen Constitution des Protoplasma und seinen biologischen Functionen sich ein Zusammenhang erkennen lasse. Eine solche Untersuchung wird zunächst ermitteln müssen, ob gleichen Functionen gleiche oder doch vicarirende Stoffe entsprechen, ob Function und Substanz stets nothwendig mit einander verknüpft erscheinen, ob somit bestimmte chemische Verbindungen als die Träger bestimmter Lebensäußerungen im Protoplasma auftreten.

Diese letztere Erwägung gestattet und erfordert einen Ausblick über die Grenzen des Pflanzenreichs hinaus. Die fundamentalen Lebenserscheinungen sind im Pflanzenreiche wie im Thierreiche wohl wesentlich die Gleichen, und längst hat man sich daran gewöhnt, auch im Thierreich das Protoplasma der Zellen als den eigentlichen Träger dieser Lebenserscheinungen anzusehen; indem man die biologischen

Functionen eintheilt in animale und vegetative, schreibt man einerseits dem Thiere vegetative Functionen zu bei den Vorgängen der Ernährung und Fortpflanzung, andererseits sind wir bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse berechtigt auch für die Pflanze, und zwar für das Protoplasma ihrer Zellen, animale Functionen in Anspruch zu nehmen, indem dasselbe Irritabilität und damit verbundene Contractilität, Empfindungs- und Bewegungsvermögen deutlich erkennen läßt. Da nun die morphologischen Eigenschaften des thierischen und pflanzlichen Protoplasma im Wesentlichen die Gleichen sind, so erscheint es naheliegend, daß das Protoplasma im Thierreiche wie im Pflanzenreiche theils aus den gleichen, theils aus chemisch oder physiologisch einander nahe stehenden, vicarirenden Verbindungen bestehe. In erster Linie wird man diese Uebereinstimmung in der Zusammensetzung im Protoplasma der niedrigsten Formen des Thierreiches zu finden erwarten, bei welchen eine solche Differenzirung der Organe, wie der Körper der höheren Thiere sie aufweist, noch nicht beobachtet wird. Hier verfißt das Protoplasma direct die Ernährung und den Stoffwechsel, es empfindet Reize und reagirt auf sie durch Contractionen, es vermittelt endlich die Bewegung des Thieres. Bei den höheren Thieren dagegen differenciren sich die Functionen mit den Organen, das Nervenfytem dient der Empfindung, die Muskulatur beforgt durch ihre Contractionen die Bewegung, und besondere Organe versehen die Aufnahme und Assimilation der Nährstoffe.

Wenn wir nun beobachten, daß im thierischen Körper die einzelnen Organe und Gewebe, ihren differenten Functionen entsprechend, eine verschiedene chemische Zusammensetzung erkennen lassen, so werden wir wieder zu der Vermuthung geführt, daß im Protoplasma, welches die gleichen Functionen, wenn auch unvollkommen, ausübt, die gleichen oder analoge Substanzen durcheinander gemengt vorkommen werden, welche im Körper der höheren Thiere auf die einzelnen Organe, wie Muskeln, Gehirn, Drüsen u. s. w. sich vertheilen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß entwicklungsgeichtlich die Muskulatur, das Nervenfytem und die Verdauungsorgane des höheren

Thierkörpers dem Protoplasma entstammen, sich aus demselben hervorgebildet haben. Wenn eine Function stets an ein Organ von constanter chemischer Zusammensetzung gebunden sein sollte, so müßten wir dessen Substanz als für die Function nothendig annehmen; finden wir nun im Protoplasma der Pflanzen Aeufserungen der verschiedenen Functionen des Thieres wieder, so wird es dadurch nahe gelegt, nachzuforschen, ob dasselbe die gleichen oder physiologisch entsprechende Verbindungen enthält, wie sie in den Geweben des thierischen Körpers vorkommen. Darin würde ein weiteres wichtiges Moment für die einheitliche Auffassung der physiologischen Vorgänge im Thier- und Pflanzenreiche sich ergeben.

In der That sind die bereits vorliegenden Analysen thierischer und pflanzlicher Gewebe hinreichend um zu zeigen, daß zahlreiche der im Thierkörper nachgewiesenen Verbindungen in den Pflanzenzellen sich wiederfinden. Im Folgenden theilen wir beispielsweise eine Aufzählung der hauptsächlichsten, im thierischen Muskelgewebe nachgewiesenen Verbindungen mit, von denen nur die gesperrt gedruckten im Pflanzenreiche bis jetzt nicht gefunden sind: Pepsin; Diastase; Myosin; *Kreatin*; *Harnsäure*; Xanthin; Sarkin; *Taurin*; *Harnstoff*; *Inosinsäure*; Zucker; Inosit; Dextrin; Glycogen; Milchsäure; Ameisensäure; Essigsäure; Butteräure. Im Gehirn finden sich ferner außer Fetten und Eiweißkörpern noch die ebenfalls im Pflanzenreich verbreiteten Substanzen Cholesterin und Lecithin.

Diese verschiedenen Verbindungen, welche zuerst die Thierchemie uns kennen gelehrt hat, sind nach und nach, meistens durch einzelne Untersuchungen, in verschiedenen Pflanzen nachgewiesen worden. Ein besonderes Interesse erregte die Entdeckung der Sarkingruppe (Sarkin, Xanthin, Guanin und Carnin) durch SCHÜTZENBERGER*) in erweichter Hefe, d. h. in solcher Hefe, die, von Flüssigkeit befreit, einer allmäligen Selbstzersetzung anheim fällt. Später haben NÄGELI**) und LOEW die Verbindungen der Sarkingruppe in Hefe gefunden, welche

*) Die Gährungsercheinungen. Leipzig 1876. S. 110.

**) l. c. S. 283.

dreizehn Monate lang in einer Flasche mit sehr verdünnter Phosphorsäure aufbewahrt worden und während dieser Zeit langsam abgestorben war.

Mehr und mehr stellt sich also die Zusammensetzung des Thier- und Pflanzenkörpers als eine in den einzelnen Verbindungen weitgehend übereinstimmende heraus; sind diese Verbindungen auch nicht alle und nicht immer identisch, so zeigen sie doch in den meisten Fällen wenigstens physiologische Analogien, aus denen sich auf eine vicarirende Bedeutung schließen läßt. Von den Pflanzenstoffen gilt dies freilich weniger, wie von den Stoffen des Thierkörpers; von den Pflanzen werden zahlreiche Substanzen in fast unbegrenzter Mannigfaltigkeit hervorgebracht, welche im Thierreiche nicht gefunden werden. Vielleicht wird sich einmal diese große Zahl chemischer Individuen, wie sie in den ätherischen Oelen, Harzen, Glucosiden, Alkaloiden u. s. w. des Pflanzenreiches sich zeigen, in einige wenige, nach physiologischen Gesichtspunkten umgrenzte Gruppen einordnen lassen, von welchen eine Gruppe einer animalen Verbindung entspricht. Die Zahl der Verbindungen scheint wenigstens im Bereich der höheren Thiere eine weit geringere zu sein, als z. B. innerhalb der Blütenpflanzen, und der Character der Verbindungen des Thierkörpers ist entschieden eine constantere als hier. Die Thierchemie wird daher häufig der Pflanzenchemie als Führerin dienen können, man wird zunächst darnach suchen müssen, ob die constant im Thierkörper vorkommenden Substanzen nicht im vegetabilischen Protoplasma wiederkehren, und die oben berührten Beispiele sind hinreichend, um den Erfolg solcher Bemühungen zu zeigen. Freilich scheint es sich schon jetzt herauszustellen, daß auch ganze Reihen von charakteristischen Substanzen des Thierkörpers im Pflanzenreiche vermißt werden, z. B. die meisten Gallenstoffe; doch ist es in jüngster Zeit BENEKE gelungen, im Protoplasma der Erbse eine der thierischen Cholalsäure sehr ähnliche Säure aufzufinden, welche derselbe Phytocholsäure genannt hat*). Es wird noch vieler Untersuchungen bedürfen, ehe man

*) Vergl. Botan. Jahresber. für 1878. S. 255.

mit Bestimmtheit sagen kann, welche Stoffe im Thierreiche und welche im Pflanzenreiche allein vorkommen, ehe man die chemische Grenze der beiden großen Gebiete der Organisation zu ziehen vermag, viel leicht wird das Ergebnis auch darin bestehen, daß eine solche Grenze überhaupt nicht existirt, und manche Anzeichen sprechen bereits jetzt für diesen letzteren Ausgang der Untersuchung.

* * *

Die im Vorstehenden dargelegten Gesichtspunkte haben dahin geführt, zunächst eine möglichst genaue und vollständige chemische Analyse des Protoplasma einiger Pflanzen in Angriff zu nehmen. Selbstverständlich mußte der Anfang mit der Untersuchung der nackten Protoplasamassen des *Acthalium septicum* gemacht werden, worüber in der vorausgegangenen Abhandlung Bericht erstattet ist. Dem Physiologen, dessen Aufgabe es ist, den Bewegungsercheinungen im Pflanzenkörper nachzugehen, vermag die rein chemische Zergliederung des Protoplasma in einem, willkürlich aus seinem Entwicklungslaufe herausgegriffenen Moment nur eine unvollkommene Befriedigung zu gewähren, weil ja die stoffliche Zusammensetzung einer Pflanzenzelle oder eines Plasmodiums keine constante ist, sondern in jedem Augenblick sich ändert. Der Physiologe wünscht aber gerade diese Vorgänge des Stoffwechsels zu entziffern, weil in ihnen das Spiel der Kräfte sich offenbart, welche die Massen der Atome in Bewegung halten. Die Erkenntnis des Stoffwechsels des Protoplasma ist das zweite und letzte, zugleich aber auch das schwierigste Problem der physiologischen Chemie. Die Lösung desselben liegt in noch weiterer Ferne, als die Vollendung der rein chemischen Analyse; die letztere bildet aber für das Studium des Stoffwechsels die unerläßliche Grundlage.

Auch über den Stoffwechsel der Pflanzen besitzen wir schon eine Reihe werthvoller Kenntnisse, die jedoch immer erst als Bruchstücke angesehen werden dürfen, welche eben hinreichen, um uns eine im Allgemeinen zutreffende Vorstellung von der Stoffbewegung zu geben.

Insbesondere ist der fundamentale Unterschied im Gesamtstoffwechsel der grünen und der nichtgrünen Gewächse klar erkannt, es ist ferner unzweifelhaft, daß der Stoffwechsel der letzteren mit demjenigen des Thierkörpers nahe übereinkommt, und wesentlich anders wird sich der innere Stoffwechsel der chlorophyllhaltigen Pflanze wohl auch nicht verhalten, wobei natürlich von der Assimilation der Kohlensäure zu verbrennlicher kohlenstoffhaltiger Substanz abzuweichen ist. Wir werden auf diese Beziehungen sogleich ausführlich zurückkommen.

Bei den meisten analytisch chemischen Untersuchungen wird es möglich sein, auch einige Beobachtungen über Vorgänge des Stoffwechsels anzustellen. Sofern dies bei der chemischen Untersuchung von *Aethalium* gelungen ist, wird es bereits jetzt bei Besprechung der einzelnen Verbindungen Erwähnung finden, wenn auch ein eingehendes Studium der Stoffwechselerrscheinungen dieses Myxomyceten erst in Vorbereitung begriffen ist.

III. Die fundamentalen Functionen des Chemismus im Protoplasma.

Die wichtigeren chemischen Prozesse des Pflanzenlebens spielen sich innerhalb des Protoplasma ab. Sie sind im Allgemeinen dadurch charakterisiert, daß gewisse, außerhalb der lebenden Zelle gegebene Substanzen in das Innere der Zelle eintreten, im Innern derselben eine Reihe von Umwandlungen erfahren, um endlich in einer Verbindungsform, welche derjenigen ähnlich oder gleich ist, die ursprünglich von der Zelle aufgenommen ward, wieder ausgeschieden zu werden, oder um in eine, mit der Zelle in Zusammenhang verbleibende, unveränderliche Verbindungsform überzugehen, wir könnten sagen, sich zu solidificiren; ein Beispiel für diese letztere Art von chemischen Componenten der Zelle bilden z. B. die Substanzen der Zellwand. Es ist aber unzweifelhaft, daß keineswegs alle chemischen

Vorgänge in der Pflanze im Protoplasma ablaufen, wenn auch vielleicht das Protoplasma bei allen betheiligt ist; so wissen wir z. B., daß die Cellulose im Innern der Zellwände sich theilweise in Holzstoff und Korkstoff umzuwandeln vermag, so wissen wir ferner, daß im Saft Raum der Zelle Farbstoffe vorkommen können, welche dem Innern des Protoplasma fehlen, und häufig reagirt der Zellsaft sauer, während man aus dem Vorhandensein von unverändertem Chlorophyll im Protoplasma auf eine wahrscheinlich neutrale Reaction des Protoplasma schließen darf. Immerhin sind die außerhalb des Protoplasma vor sich gehenden chemischen Bildungen und Umbildungen wohl von untergeordneter Bedeutung für das Leben der Zelle, wir wollen sie hier unberücksichtigt lassen und unsere Aufmerksamkeit auf den Chemismus des Protoplasma beschränken. Wir können dabei die Betrachtungen an das Plasmodium von *Aethalium septicum* anknüpfen, da dieses einen Protoplasmakörper ohne inneren Saft Raum, ohne stabile oder permanente Vacuolen mit geforderter Zellsaftflüssigkeit darstellt; denn die kleinen Vacuolen, welche man hier und da in den Plasmodien der Schleimpilze beobachtet, sind transitorischer Natur, sie verschwinden oft gänzlich, wobei ihr Inhalt mit dem nicht unterscheidbaren Enchylema sich mengt, und sie können plötzlich neu entstehen, wodurch sie hinreichend als in der Gerüstsubstanz des Protoplasma gebildete Taschen sich kennzeichnen, welche mit Enchylema angefüllt werden.

Die unter dem Bilde einer steigenden und fallenden Curve darstellbare Stoffbewegung, welche mit dem Eintritt der Nährstoffe in das Protoplasma beginnt und mit gewissen Auscheidungen oder Solidificationen endigt, nenne ich den *Gesamt-Stoffwechsel* des Protoplasma. Sehen wir von den Auscheidungen der Endprodukte ab, so können wir von der eigentlichen *Ernährung*, welche eine Beziehung des Protoplasma nach Außen, eine Wirkung zwischen seinen Bestandtheilen und gewissen außerhalb desselben vorhandenen Stoffen darstellt, einen *inneren Stoffwechsel* unterscheiden, welcher ausschliesslich innere Beziehungen der Substanz des Protoplasma bezeichnet.

Die Ernährung gliedert sich in zwei Proceß, in die *Aufnahme*

und die *Affimilation* der Nährstoffe. Unter *Affimilation* verstehe ich ganz allgemein die von lebendem Protoplasma vollzogene Umwandlung der von aussen aufgenommenen Nährstoffe in die einzelnen specifischen Verbindungen des Protoplasma. Sind die Nährstoffe mit den letzteren bereits identisch, wie z. B. bei der Ernährung eines Schimmelpilzes durch Peptone, so fallen Aufnahme und *Affimilation* zusammen. Ist dies jedoch nicht der Fall, wie z. B. bei der Kohlenstoff-*Affimilation* durch chlorophyllhaltiges Protoplasma oder bei der Gewinnung des zur Bildung von Eiweissstoffen nöthigen Schwefels aus einem Sulfat, so beruht die *Affimilation* auf eigenthümlichen chemischen Processen, die zu den wichtigsten und interessantesten chemischen Functionen des Protoplasma gehören.

Der *innere Stoffwechsel*, worunter wir die weiteren Umwandlungen der assimilirten Substanzen im Protoplasma verstehen, gliedert sich feinerseits ebenfalls in zwei Reihen von Processen, die sich unter dem Bilde eines aufsteigenden und absteigenden Schenkels einer Curve vorstellen lassen. Wir können diese beiden Reihen von Erscheinungen als *progressive* und als *regressive* Stoffmetamorphose unterscheiden.

Durch die Vorgänge der progressiven Metamorphose werden die vom Protoplasma gewonnenen oder gebildeten (ersten) *Affimilationsproducte* in diejenigen Stoffverbindungen übergeführt, welche als die eigentlich constituirenden Bestandtheile des lebensthätigen Protoplasma gelten müssen, wohin wir z. B. das Plastin und die Eiweissstoffe, das Lecithin, Chlorophyll und andere rechnen wollen. Auch wenn es sich darum handelt, die im Ueberschuss vorhandenen *Affimilationsproducte* in besonderen Verbindungsformen oder Stofforganisationen vorübergehend zu speichern, (z. B. Inulin, Stärkekörner, Proteinkörner), so kann die Bildung und Wiederauflösung dieser Substanzen in vielen, wenn nicht in den meisten Fällen der progressiven Metamorphose zugezählt werden; bei einer graphischen Darstellung würde der hierauf bezügliche Abschnitt der Curve horizontal verlaufen. Der Strom des Stoffwechsels ist nicht als in einer einzigen Bahn fließend vorzustellen,

sondern er bildet Hauptreihen und Nebenreihen, sich auf mancherlei Weise verzweigend.

In der regressiven Stoffmetamorphose dagegen werden die eigentlich constituirenden Bestandtheile des Protoplasma, sowie überhaupt die Producte der progressiven Metamorphose wieder zerstört und zersetzt, in immer einfachere Verbindungen gespalten und schliesslich theilweise, z. B. als CO_2 , von der Zelle ausgeschieden. Die progressive Metamorphose ist also constructiv und organisirend, die regressiv Metamorphose destructiv und desorganisirend. Die progressive Metamorphose ist synthetisch, sie bildet aus Substanzen von geringerem Moleculargewicht und geringerer Verbrennungswärme solche von höherem Moleculargewicht und grösserer Verbrennungswärme; die regressiv Metamorphose ist analytisch, sie spaltet die hoch zusammengefügten Molecüle in solche von geringerem Moleculargewicht, und die Summe der Verbrennungswärmen der Spaltungsproducte ist geringer als die Verbrennungswärme des gespaltenen Molecüls.

Nun sind aber die Beziehungen der progressiven und regressiven Metamorphose nicht so einfache, dass z. B. ein in den Strom der regressiven Metamorphose gerissenes Molecül immer weiter gespalten werden müsse bis zu den Endproducten, sondern es scheint, dass die meisten Verbindungen, die als Erzeugnisse der regressiven Metamorphose im Protoplasma anzusehen sind, wieder in den progressiven Strom einzutreten vermögen und somit eine Ergänzung zu constituirenden Substanzen erfahren können. Für diese Thatfache sprechen zahlreiche Beobachtungen, insbesondere aber die ausgedehnten Untersuchungen NÄGEL's*), aus welchen hervorgeht, dass Schimmelpilze, denen nur Producte der regressiven Metamorphose der Pflanze als Nährstoffe dargeboten werden, im Stande sind, aus fast allen diesen Substanzen ihr lebsthätiges Protoplasma zu vermehren. Aus diesem Grunde ist es oft schwierig, zu entscheiden, ob eine im Protoplasma angetroffene Substanz der progressiven oder regressiven Reihe angehört.

*) Ernährung der niederen Pilze durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. Sitzungsber. d. k. b. Acad. d. Wissensch. in München vom 5. Juli 1879.

Denn wenn wir auch die im Protoplasma angetroffenen Verbindungen eintheilen können in solche, welche als unentbehrliche Constituenten der Organisation desselben eingefügt sind, in solche, welche der Organisation harren, und in solche, welche der Zertrümmerung der Organisation entspringen, so sind doch die beiden letzten Kategorien schwer auseinander zu halten. Ebenso schwierig ist es natürlich auch, zu entscheiden, ob als Endproducte der progressiven Reihe nur die Eiweißstoffe anzusehen sind, oder auch das Lecithin, Olein und andere. Die Frage ist mit einem Worte diese, ob Substanzen, welche die ganze Curve des inneren Stoffwechsels durchlaufen, ein Eiweißmolecül passiren müssen, oder ob dies nicht in allen Fällen nothwendig ist; mir erscheint die letztere Eventualität als die wahrscheinlichere.

Wenn es somit auch gelingen sein dürfte, im Einklange mit dem Verfahren der Thierphysiologie eine Classification der Bestandtheile des Protoplasma aus ernährungs-physiologischen Gesichtspunkten zu gewinnen, so bedarf doch die Feststellung der Vorgänge im Einzelnen eingehender und umfassender Untersuchungen. Schon die Frage, welche Bestandtheile des Protoplasma denn eigentlich als *constituierende* anzusehen sind, ist selbst unter der Voraussetzung, daß eine vollständige chemische Analyse des Protoplasma gelungen wäre, vor der Hand nur nach Muthmaßung zu beantworten. Wir können unseren Begriff der »constituierenden Bestandtheile« wohl definiren als Substanzen, ohne welche der Bestand eines lebensthätigen Protoplasma nicht gedacht werden kann, die, sofern sie sich im Stoffwechsel verändern, doch nie ganz verschwinden dürfen, welche in der regressiven Metamorphose Atomgruppen abspalten, die durch die progressive Metamorphose wieder eingefügt werden, oder die sich nach ihrer Bildung gar nicht mehr am Stoffwechsel betheiligen — ob aber z. B. das Cholesterin zu diesen Substanzen gehört, ist eine vor der Hand nicht mit Sicherheit zu entscheidende Frage. Auch die chemischen Bedingungen der Einzelvorgänge in der progressiven Reihe sind noch so gut wie völlig unbekannt. Im Allgemeinen dürfen wir annehmen, daß ein Verbrauch an Substanz, (z. B. bei Solidificirungen, in der regressiven

Methamorphose) zugleich die Ursache der Wiedergewinnung, des Neuerwerbs von Substanz wird. Ebenso bietet der Speciescharacter einer Zelle Veranlassung, bis zu einem gewissen Zeitpunkte organische Substanz zu assimiliren und anzuhäufen; die Plasmodien von *Aethalium* vegetiren so lange in der Lohe, bis sie ein gewisses Quantum an Stoff assimilirt haben, dann hören sie auf, durch Anlagerung (oder durch Intusussception) neuer Substanztheile zu wachsen und vereinigen sich zu den Fruchtkörpern.

Wir werden stets danach trachten, die Vorgänge der Assimilation und progressiven Metamorphose in chemischer Hinsicht unter möglichst allgemeine Gesichtspunkte zu fassen. So ist es z. B. eine der wichtigsten, hierher gehörigen Eigenschaften des Protoplasma, gewisse Grundstoffe aus ihren hoch oxydirten, sehr fest gefügten Verbindungen zu reduciren; es müssen im Protoplasma Factoren von mächtigem Reductionsvermögen vorhanden sein, wenn der Schwefel aus der Schwefelsäure, der Stickstoff aus der Salpetersäure und in chlorphyllhaltigen Zellen der Kohlenstoff aus der Kohlensäure, im letzteren Falle allerdings unter Mitwirkung des Lichtes als Kraftquelle — reducirt werden können. Insbesondere werden wir beim Studium der Vorgänge des construierenden Stoffwechsels unser Augenmerk darauf zu richten haben, ob diese Proceßse ganz allgemein auf Wasserentziehung beruhen, da nach Annahme vieler Thierphysiologen den Synthesen im Thierkörper stets das Princip der Dehydratation zu Grunde liegt.

Die Vorgänge der regressiven Metamorphose sind für das Protoplasma und die Pflanze von eben so großer Wichtigkeit, als diejenigen der progressiven Metamorphose; auf ihre specielle Bedeutung kommen wir im nächsten Abschnitte ausführlich zurück. Auch hier bedürfen die Vorgänge noch des genauesten Studiums im Einzelnen, bevor sich die ganze Reihe der Erscheinungen zusammenfassend behandeln läßt. Es mag nur noch an einige Hauptpunkte erinnert sein. Die beiden wichtigsten Vorgänge im destructiven Stoffwechsel sind unzweifelhaft die Eiweißzeretzung und die Athmung, und wahrscheinlich stehen beide im innigsten Zusammenhang mit einander. Während

im thierischen Organismus die überaus wichtige Rolle der Eiweißzerfetzung schon lange erkannt war, verdanken wir die darauf bezüglichen Untersuchungen an der Pflanze so gut wie ausschließlich ERNST SCHULZE *).

Der Grundgedanke SCHULZE'S ist dieser, daß in den Lebensprocessen der Pflanze fortwährend Eiweißzersetzungen vor sich gehen, wobei die entstehenden stickstofffreien Zeretzungsproducte verathmet werden, während die stickstoffhaltigen in Form von Säureamiden und Amidofauren (Asparagin, Glutamin, Leucin, Tyrosin u. f. w.) entweder sich anhäufen, oder durch Hinzutritt stickstofffreier Moleculgruppen wieder zu Eiweiß regenerirt werden. Es vermag aber die Asparaginbildung bereits in der Wurzel von Keimlingen zu beginnen, wenn sicher noch ein Ueberschuß an N freien Substanzen vorhanden ist. SCHULZE scheint zu der Ansicht zu neigen, daß es sich im Stoffwechsel der Pflanze überhaupt nur um den Zerfall und die Regeneration von Eiweißstoffen handele. Bei dieser Rückbildung zu Eiweißstoffen können nun die verschiedenen Amide mit ungleicher Schnelligkeit verbraucht werden; dabei werden die für eine gewisse Pflanzenspecies zur Eiweißregeneration unbequemerer Stoffe sich anhäufen müssen, während die rasch zu Eiweiß regenerirbaren Stickstoffverbindungen stets nur in minimalen Mengen sich werden nachweisen lassen. Daher darf man aus der geringen Quantität eines durch die Analyse gefundenen Stoffes keineswegs auf die Unwesentlichkeit desselben im Stoffwechsel schließen. Von Interesse ist, daß in verschiedenen Pflanzen verschiedene amidartige Verbindungen sich anhäufen, ebenso ist zu beachten, daß beim Eiweißzerfall im Thierkörper andere Verbindungen auftreten, als in der Pflanze. Immerhin scheinen diese verschiedenen Substanzen der verschiedenen Organismen physiologisch einander zu vertreten; der physiologischen Chemie bleibt die Entscheidung vorbehalten, ob diesen differenten Zeretzungsproducten eine Verschiedenheit in der

*) Vgl. die zusammenfassende Abhandlung dieses Forschers: Ueber den Eiweißumsatz im Pflanzenorganismus. Landw. Jahrb. 1880. Dasselbst sind auch die früheren Aufsätze des Verfassers und seiner Mitarbeiter aufgezählt.

Zusammensetzung der Eiweißmoleküle bei Pflanzen und Thieren entspricht. Insofern liefern ERNST SCHULZE's Untersuchungen einen wichtigen Beweis für die in den Erscheinungen des Stoffwechsels sich kundgebende wesentliche Identität des thierischen und pflanzlichen Zellenlebens, als durch sie die fundamentale Bedeutung der Eiweißzersetzung auch für die Pflanze dargethan worden ist. Diesen Zusammenhang zwischen den Lebensäußerungen des thierischen und pflanzlichen Protoplasma zu bestimmen, ist gewiss eine der wichtigsten Aufgaben der nach einheitlicher Auffassung des organischen Lebens trachtenden biologischen Naturforschung.

Uebrigens gesteht auch SCHULZE zu, daß von der Pflanze die Amide auch in der progressiven Stoffmetamorphose gebildet werden können; für die Thatfache der *absoluten* Vermehrung der Eiweißstoffe dürfte diese Annahme wohl eine sehr naheliegende sein, da für eine directe Synthese der Eiweißmoleküle bis jetzt keine Thatfachen sprechen. Eine weitere, sehr wichtige Beobachtung von SCHULZE ist die *), daß in Keimpflanzen mit der Eiweißzersetzung eine Zunahme der Sulfate Hand in Hand geht, so daß ein Uebergang des aus den zeretzten Eiweißstoffen stammenden Schwefels in Schwefelsäure höchst wahrscheinlich wird. Nur die eine Annahme scheint mir unerwiesen und unwahrscheinlich, daß die im Protoplasma anzutreffenden Producte der regressiven Stoffmetamorphose *sämmtlich* aus der Zersetzung von Eiweißstoffen hervorgegangen sein, überhaupt nur je einen Ursprung haben sollten. Um nur eines Beispieles zu gedenken, so könnte die wahrscheinlich in allen lebenden Pflanzenzellen vorhandene Ameisensäure ebenso gut durch Zersetzung von Fetten und Kohlenhydraten als von Eiweißstoffen gebildet worden sein, und die ersteren brauchen wohl kaum ausschließlich aus Eiweißmolekülen herzustellen.

An die Thatfache der Eiweißzersetzung knüpfen sich eine Reihe weiterer Fragen von großer physiologischer Bedeutung. Dahin gehört namentlich die Frage, ob wir den Eiweißzerfall im Organismus auf

*) l. c. S. 709.

die Wirkung abscheidbarer Fermente zurückführen müssen, welche chemische Individuen darstellen, wie z. B. das Emulfin, oder ob wir ihn anzusehen haben als eine Wirkung des molecularen Bewegungszustandes der Eiweistheilchen selbst. Was zunächst die analogen, seit längerer Zeit bearbeiteten Erscheinungen im Thierkörper anlangt, so neigt ein Theil der Physiologen (repräsentirt durch HOPPE-SEYLER) zur Fermenttheorie, ein anderer Theil (repräsentirt durch PFLÜGER) betrachtet die Abspaltung von Atomgruppen aus den Eiweismoleculen als einen Diffociations-Proceß. E. SCHULZE tritt für die Annahme ein, daß in den Pflanzen die Eiweißstoffe durch Fermente nur peptonisirt werden, während ihre weitere Zerfetzung als eine cellulare Function des Protoplasma anzusehen sei, wobei besondere Fermente nicht mitzuwirken brauchen*). Jedenfalls ist es eins der wichtigsten Ziele der Chemie des Stoffwechsels, zwischen diesen beiden Auffassungen zu entscheiden, beziehungsweise zu vermitteln. Man kann sich z. B. auch vorstellen, die Zerfetzung eines bestimmten Eiweißstoffes werde durch eine fermentartige Einwirkung eines anderen Eiweißstoffes hervorgerufen, für diese Auffassung spricht der Umstand, daß man in der lebsthätigen Pflanzenzelle stets mehrere Eiweißstoffe bei einander findet. Wenn wir beobachten, daß bei einer constanten Temperatur Eiweißstoffe gebildet werden und wieder in ihre Componenten zerfallen, wenn dann der Zerfall der Eiweismoleculen nur von ihrer eigenen inneren Bewegung hervorgebracht werden soll, so ist es schwierig, sich davon eine Vorstellung zu machen, wie in einem bloßen Substanzgemenge überhaupt Eiweißstoffe gebildet werden und existiren können. Gewiß wäre es im Zusammenhang mit dieser Frage von Interesse, den Einfluß der Temperatur auf die Asparaginbildung in etiolirten Keimlingen zu untersuchen.

Eine andere überaus wichtige Frage, die in den Bereich der re-

*) Der PFLÜGER'schen Anschauung über den Eiweißzerfall in Pflanzen hat sich auch DETTMER angeschlossen (vgl. PRINGSHEIM's Jahrb. f. wiss. Bot. XII. 1881, S. 237 ff.); er nennt die Eiweißzerfetzung »Diffociation der Lebesseinheiten des Protoplasma«, er läßt diese »Lebesseinheiten« in N haltige und N freie Zerfetzungsproducte zerfallen, von denen die ersteren zu neuen Lebesseinheiten ergänzt, die letzteren verathmet werden.

greffiven Metamorphose gehört und an den Zerfall der Eiweißstoffe sich unmittelbar anschließt, ist die Frage nach den Beziehungen zwischen Protoplasma und Sauerstoff, die Frage nach den Bedingungen der organischen Oxydation. Diese Frage bedarf zunächst in chemischer Hinsicht ausgedehnter experimenteller Untersuchungen, welche ich nach Ausführung gewisser Vorarbeiten in Angriff zu nehmen gedenke. Damit steht im engen Zusammenhang die andere Frage, ob vitale Oxydation stets eine alkalische Reaction des Protoplasma zur Voraussetzung hat, wie es nach den neueren Untersuchungen von RADZISZEWSKI*) nicht unwahrscheinlich erscheinen möchte; andererseits sah aber ENGELMANN**) *blaue* Lakmuskörnchen nach ihrer Aufnahme in das Protoplasma von *Amoeba diffluens* u. a. *roth* werden.

Neben der im gewöhnlichen Sinne chemisch zu nennenden Untersuchung des Protoplasma wird dann besonders auch das Studium der microchemischen Structur desselben in's Auge zu fassen sein. Man hat mehrfach zur Verbreitung einer höchst unglücklichen Vorstellung über die feinere Structur des Protoplasma beigetragen, indem man für diesen Terminus die deutsche Uebersetzung »Urbrei« angewendet hat. Ein Brei kommt dadurch zu Stande, daß man weiche und flüssige Substanzen in einander rührt. Wenn man jedoch Protoplasma von *Aethalium septicum* in einem Mörser verreibt, so zerstört man in ihm das Vermögen zur Fortentwicklung gänzlich. Das Protoplasma ist eben ein aus feinstem Gefüge gebildeter Organismus, und wir werden die in neuester Zeit gelungene Verbesserung der microskopischen Objectiv-Systeme nicht nützlicher auszuwerthen vermögen, als wenn wir durch sie eine Erweiterung unserer Kenntnisse vom microskopischen Bau des Protoplasma anzubahnen suchen. Haben wir durch chemische Analyse die wichtigsten stofflichen Componenten des Protoplasma festgestellt, so werden wir Aufschlüsse über ihre Vertheilung im Protoplasma nur von der Hülfe des Microskops erwarten dürfen.

Der microskopischen Untersuchung fällt somit die Bearbeitung

*) Annalen der Chemie, Band 203, S. 305 ff.

**) HERMANN's Handb. der Physiologie I. 1. S. 349.

einer Hauptaufgabe zu, einer Frage, zu deren Aufwerfung eine genauere Ueberlegung der Stoffwechsel-Phänomene Veranlassung bietet.

In der progressiven Metamorphose werden Verbindungen häufig nur zusammengefügt, um in der regressiven Metamorphose wieder zerlegt zu werden; dies geschieht z. B. mit Eiweißstoffen, Kohlehydraten und Fetten. Ersteres sind meistens Reductions-, letzteres häufig Oxydationsproceß. Im chlorophyllhaltigen Protoplasma wird durch Reduction der Kohlenäure eine verbrennliche Kohlenstoffverbindung gebildet und zugleich diese Verbindung wieder durch Athmung zur Kohlenäure oxydirt. Wenn wir uns nun vorstellen, daß diese beiden, einander diametral entgegengesetzten Proceß in einem *gleichförmigen Gemenge* verschiedener Substanzen sich abspielen, *so müssen dieselben mit Nothwendigkeit räumlich oder zeitlich von einander getrennt verlaufen*, denn es ist chemisch nicht vorstellbar, daß in einer und derselben Moleculgruppe z. B. Zucker gleichzeitig durch Reduction gebildet und durch Oxydation zerstört werden sollte*). Ein räumlich getrenntes neben einander Bestehen der beiden Proceß würde aber eine Ungleichförmigkeit des Gemenges zur Voraussetzung haben; wenn nun beide Proceß andauernd neben einander verlaufen, so muß auch die Ungleichförmigkeit in der Mengung der chemisch in Betracht kommenden Substanzen eine beständige sein. *Eine derartige constante Ungleichförmigkeit in der Vertheilung der verschiedenen Stoffe eines solchen Gemenges, wie das Protoplasma es darstellt, ist aber nichts anderes, als eine Organisation, eine morphologische Differenzirung der Substanz.* Der zweiten Alternative, daß nämlich das Protoplasma ein gleichförmiges Gemenge sei, in welchem die einander entgegengesetzten Vorgänge des Stoffwechsels stets nur zu verschiedenen Zeiten stattfinden, wird durch die Erfahrung widerprochen. Auch ist nicht einzusehen, wie das Substanzgemenge in dem einen Zeitabschnitt disponirt sein sollte, z. B. zur Zuckerbildung, im nächsten Zeitabschnitt disponirt zur Zuckerzerstörung, und wie es zu diesem

*) Etwas ganz anderes ist z. B. der Vorgang der Bildung und Zersetzung der Aethylschwefelsäure zu Aether bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Alkohol.

periodischen Wechsel seiner Function gelangen sollte, mag man sich die Perioden von äußerst kurzer oder von längerer Dauer vorstellen. Man wird daher wohl nicht umhin können, unserer, aus den Thatfachen des Stoffwechsels gezogenen Schlußfolgerung beizupflichten und dieselbe dahin zu formuliren, *dafs im Protoplasma besondere Organe für verschiedene Stoffwechsel-Processe vorhanden sein müssen**).

Zu einem ähnlichen Ergebnisse ist auch FERD. COHN durch andere Betrachtungen gelangt (vgl. das Citat oben auf S. 91).

Wenn man im Laboratorium eine gröfsere Zahl von Reagentien in ein Gefäß zusammen giefsen wollte, so würde daraus eine Anzahl von Umsetzungen entstehen, nach kurzer Zeit jedoch würden die Atome sich wieder im Zustande des Gleichgewichts befinden; einer oder gar mehrere neben einander regelmäfsig fortwirkende chemische Processe würden sich daraus nicht ergeben. Um diese zu unterhalten, bedarf es im Laboratorium des Aufbaues von ebensoviele verschiedenen Apparaten, als chemische Processe unterhalten werden sollen, meistens ist zu dieser Unterhaltung noch einer besonderen Zufuhr von kinetischer Energie in Form von Wärme nöthig. Wir werden aber auch für das Protoplasma die Annahme kaum umgehen können, dafs in seinem Innern besondere Apparate für die wichtigeren chemischen Functionen bestehen. Vorläufig können wir nur die Thatfache im Allgemeinen als wahrscheinlich zu deduciren suchen, die specielle Ausgestaltung dieser angenommenen Organisation ist zur Zeit noch nicht zu übersehen. Dennoch fehlt es nicht an wichtigen Anzeichen für ihr Vorhandensein, und ein Theil der im Protoplasma der Pflanzenzellen vorhandenen Organe (Apparate) für besondere chemische Zwecke ist uns bereits bekannt. In erster Linie sind hier die *Chlorophyllbehälter* zu nennen, ferner die bereits von HANSTEIN beobachteten und unterschiedenen, von SCHIMPER genauer untersuchten *Stärkebildner*; endlich wird wohl Niemand daran zweifeln, dafs auch die *Zellkerne* spe-

*) Bei dieser Auffassung befinde ich mich in vollständiger Uebereinstimmung mit einem Theil der physiologischen Chemiker. Vgl. z. B. DRECHSEL, die fundamentalen Aufgaben der physiologischen Chemie. Leipzig 1881, S. 8.

cifische Organe von großer Wichtigkeit darstellen, wenn auch ihre Function bislang nicht erkannt werden konnte; auch im Protoplasma von *Aethalium* sind durch STRASBURGER *) sehr zahlreiche kleine Zellkerne constatirt worden. Wenn nun die Annahme nahe liegt, daß das Glycogen durch einen ähnlichen chemischen Proceß bereitet werde, wie die Stärke, so würde man im Protoplasma von *Aethalium* vielleicht mit Erfolg nach Glycogenbildnern suchen können.

Es ist anzunehmen, daß derartige Organe stets aus einem Gerüst von festerer Substanz gebildet sind, und im Protoplasma von *Aethalium* würde das dazu nöthige Material wohl von dem *Plastin* geliefert werden, womit jedoch keineswegs noch andere Functionen des Plastins ausgeschlossen sein würden. Auch in der relativen Bewegung des Enchylema gegen die Gerüstsubstanz könnte eine entsprechende Wirkung, wie durch ein besonderes Organ, erzielt werden. Stellen wir uns z. B. vor, die oxydirbaren Bestandtheile seien im Enchylema gelöst enthalten, ein Theil der Gerüstsubstanz bestehe jedoch aus einer Verbindung, die sich den Sauerstoff in ähnlicher Weise anzulagern und zum Zweck einer Oxydation wieder abzugeben vermöchte, wie das Hämoglobin: so würden die betreffenden Bestandtheile des Enchylema, an den bezüglichen Theilen der Gerüstsubstanz vorbeiströmend, eine Oxydation erfahren können; es wäre dann im Protoplasma durch die Circulation des Enchylema auf umgekehrtem Wege das gleiche Resultat erreicht worden, wie es im Körper der höheren Thiere durch die Blutbewegung hervorgerufen wird. Die gedachte Erscheinung würde im Protoplasma in so fern ein Reciprocitäts-Phänomen sein, als nach den Untersuchungen von KÜHNE die Oxydation überall zur Unterhaltung der Contractilitätsbewegungen nothwendig ist. Auch in den Körnchen des Enchylema dürften theilweise vielleicht oxydirbare Substanzen mit herumgeführt werden.

Weiter ist ein wichtiges Gebiet meines Wissens noch gar nicht in's Auge gefaßt worden, es ist dies das *Wachsthum des Protoplasma*.

*) Zellbildung und Zelltheilung. Dritte Auflage. 1880. S. 79.

Die Physiologie des Wachstums beschäftigt sich bis jetzt fast ausschließlich mit der Volumenerweiterung ganzer behäuteter Zellen, insbesondere mit der Ausdehnung der Zellwand, während man das unzweifelhaft wichtigere Wachstum der protoplasmatischen Bestandtheile der Pflanzenzelle vernachlässigt hat. Das Wachstum der behäuteten Zellen kann ganz unabhängig von einer Zunahme an Trockensubstanz verlaufen, während das Wachstum lebsthätiger Plasmodien, deren Wassergehalt man wohl als constant ansehen darf, auf Zunahme an Trockensubstanz beruht. Dies Wachstum kann auf zweierlei Weise zu Stande kommen; einmal durch die von CIENKOWSKI entdeckte Verschmelzung von Myxamoeben, sodann durch Assimilation neuer Nährstoffe. In letzterer Hinsicht ist das Wachstum vom Chemismus abhängig; so lange genügendes Baumaterial vorhanden ist und die Synthese die Spaltung überwiegt, findet auch Wachstum statt, im anderen Falle dagegen wird *Inanition* eintreten. Vielleicht wird sich aus der zuletzt berührten Beziehung eine Methode gewinnen lassen, um die Producte der regressiven Metamorphose auch in den Plasmodien zur Anhäufung zu zwingen.

Ein speciell für die Schleimpilze in Betracht kommendes, interessantes Problem ist die so überaus rapide verlaufende Umwandlung der aus Protoplasma bestehenden jungen Fruchtkörper in die Sporenmassen und das Capillitium.

IV. Dynamik der Stoffwechselprocesse im Protoplasma.

Wir haben aus physicalischem Gesichtspunkte oben (S. 94) das Protoplasma definiert als ein materielles System von spezifischer Configuration und spezifischer Bewegung. Wir haben ferner als Princip aufgestellt, daß auch in den biologischen Disciplinen der physicalischen Naturbetrachtung so viel als möglich Vorschub zu leisten ist.

Die Hauptaufgabe der physikalischen Forschung besteht aber darin, den Energieinhalt oder kürzer *die Energie* eines materiellen Systems aus seiner Configuration und aus seiner Bewegung zu bestimmen; festzustellen, wie viel Energie zu einem materiellen Systeme hinzutritt oder dasselbe verläßt, wenn des System aus einem gegebenen Zustande in einen anderen bestimmten Zustand übergeht*). Aus dieser Präcisirung der Aufgabe folgt ohne Weiteres, daß die Schwierigkeit ihrer Lösung im directen Verhältniß der Complicirtheit des Systemes steht.

Die Energie eines materiellen Systemes hängt ausschließlich ab von seiner Bewegung und von seiner Configuration. Denjenigen Theil der Energie, welcher durch die Bewegung des Systems oder seiner Theile bedingt wird, nennen wir bekanntlich *actuelle* oder *kinetische Energie*. Derjenige Theil der Energie des Systems, welcher von der Configuration desselben abhängt, heißt bekanntlich die *potentielle Energie* des Systems. Demnach beruht eine Zunahme an actualer Energie auf einer Veränderung der Geschwindigkeit, eine Zunahme an potentieller Energie auf einer Veränderung der Configuration des Systems.

Man definiert den Begriff Energie auch als die Fähigkeit eines Systemes, *Arbeit zu leisten*; Arbeit ist aber nichts anderes, als die Veränderung der Configuration eines materiellen Systems entgegen einer Kraft, welche sich dieser Veränderung widersetzt. Wenn ein System an einem anderen Arbeit leistet, so wird dabei Energie von dem ersten System auf das zweite übertragen; das erste System verausgabt Energie, das zweite System nimmt Energie ein, und der Betrag der von dem einen System verausgabten Energie ist gleich dem Betrage der von dem andern System eingenommenen Energie.

*) Diejenigen Leser, welche sich eingehender als es hier geschehen kann, über die allgemeinen Eigenschaften eines materiellen Systems und die daraus sich ergebenden Grundaufgaben der Physik zu unterrichten wünschen, verweise ich auf das bekannte Buch von MAXWELL *„Matter and Motion“*, von dem vor Kurzem auch eine deutsche Ausgabe erschienen ist. Ich habe mich in den physikalischen Erläuterungen dieser Abhandlung fast durchweg an MAXWELL angegeschlossen.

Ebenso wird durch die Wechselwirkung der Theilchen innerhalb eines Systems der numerische Betrag der Gesamtenergie des Systems nicht geändert, sondern nur die Form der Energie gewechselt, d. h. es kann kinetische Energie in potentielle Energie von gleichem Betrage verwandelt werden und umgekehrt. Dieser Grundsatz von der *Erhaltung der Energie* ist bekanntlich das Fundament, auf welchem die heutige Physik alle ihre Lehren aufbaut, und welches der geniale Entdecker desselben zugleich zum leitenden Grundsatz der Physiologie erhoben hat. Wo immer auch in der physiologischen Erkenntniß sich ein Fortschritt zu zeigen scheint, da wird man die Zuverlässigkeit desselben am Prüffstein des Gesetzes von der Erhaltung der Energie zu untersuchen haben.

Was nun weiter die Configuration eines materiellen Systemes (Systems materieller Punkte) anbetrifft, so können wir das System zunächst als im Gleichgewicht, d. h. im Zustande relativer Ruhe befindlich ansehen. Einem jeden solchen Gleichgewichtszustande des Systems wird ein bestimmter Betrag an potentieller Energie entsprechen, welcher von der Configuration der Partikel des Systemes abhängt. Wenn dieser Gehalt an potentieller Energie ein Minimum ist, so sagen wir, das System befinde sich im *stabilen* Gleichgewicht; für diesen Zustand ist charakteristisch, daß die gegebene Configuration des Systems nach jeder Deformation, d. h. nach jeder durch ein äußeres Agens erzeugten Dislocation seiner Partikeln, sich wieder herzustellen sucht. Beträgt dagegen die potentielle Energie des Systems mehr als das Minimum, so ist sein Gleichgewichtszustand ein *labiler*, und jede Veränderung seiner Configuration, welche dieselbe der Configuration der stabilen Gleichgewichtslage näher bringt, wird nicht wieder ausgeglichen. Hierbei ist ferner zu beachten, daß durch jede Dislocation (oder jeden Bewegungsschritt), welche die Configuration eines Systems in der Richtung zur stabilen Gleichgewichtslage verändert, d. h. derselben nähert, die potentielle Energie des Systems vermindert wird, während durch jede Dislocation, welche die Configuration desselben von der Configuration der stabilen Gleichgewichtslage weiter entfernt, die potentielle

Energie des Systems vermehrt wird. Da nun einer Verminderung der potentiellen Energie ein numerisch gleicher Zuwachs an kinetischer Energie entspricht, so wollen wir die Wirkung der ersteren Dislocation als *dynamisch-positiv*, die der letzteren dagegen als *dynamisch-negativ* bezeichnen. *Solidificirt* endlich nennt man den Zustand eines Systems, wenn seine Configuration unveränderlich geworden ist.

Ein Agens, welches die Configuration oder den Bewegungszustand eines Systems verändert, nennen wir eine Kraft. — — —

Wenn wir uns nunmehr über die Energie des Protoplasma zu orientiren suchen, so werden wir zunächst auch hier die Relation zwischen der kinetischen und der potentiellen Energie desselben zu bestimmen haben.

Von der relativen Bewegung eines protoplasmatischen Systems als eines Ganzen, wie es in der Schwimmbewegung der Schwärmsporen, in der kriechenden Bewegung der Amöben vorliegt, wollen wir hierbei absehen und nur daran erinnern, daß auch diese locomotorischen Bewegungen einen gewissen Werth an kinetischer Energie repräsentiren und verausgaben, und daher nach und nach einen gewissen Vorrath an potentieller Energie consumiren müssen. Die inneren Bewegungen des Protoplasma sind dagegen theils Bewegungen größerer Massensysteme, die als Contractilitäts-Bewegungen microscopisch wahrnehmbar werden, theils Schwingungen der Molecüle, die wir als Wärme nachweisen können; und dieser Umstand, daß sich kinetische Energie als *Wärme* bestimmen läßt, gewährt uns eine Handhabe für die bezüglichen Untersuchungen am Protoplasma.

Die als Wärme zu messende kinetische Energie eines Systems läßt sich calorimetrisch bestimmen, und auch das Protoplasma ist solchen calorimetrischen Messungen nicht ganz unzugänglich; dennoch durften dieselben mit großen technischen Schwierigkeiten verknüpft sein und ihre etwaigen Ergebnisse stets einer Controle durch andere Untersuchungen bedürfen. Solche Controle läßt sich aber gewinnen durch Bestimmung der potentiellen Energie eines Systems und durch die Beobachtung der Umwandlung eines Theils dieser potentiellen

Energie in kinetische Energie, die wir aus einer Verminderung der potentiellen Energie folgern können. Die potentielle Energie eines Systems wird aber bestimmt aus seiner Configuration. Wenn wir nun diese Aufgabe auf das Protoplasma zu übertragen suchen, so tritt uns hier der Umstand entgegen, daß ein Theil der Configuration des Protoplasma beruht auf der von uns theoretisch erschlossenen Organisation, d. h. der morphologischen Differenzirung desselben, ein anderer Theil jedoch auf der Configuration seiner Atome, d. h. auf seiner *chemischen Constitution*. Wenn wir nun die morphologische Organisation des Protoplasma, von deren Vorhandensein das Zustandekommen der specifischen chemischen Prozesse abhängt, als eine Constante betrachten, so ist, wie ich glaube, der Fehler, den wir bei diesem Ansatz begehen, kein erheblicher. Vermuthlich wird auch ein Theil der Organe des Protoplasma Zerstörungen erfahren, ein anderer Theil neugebildet werden, diese Vorgänge dürften sich jedoch im Allgemeinen compensiren. Da aber solche Zerstörung und Neuorganisation auch wesentlich auf chemischer Aenderung der Substanz beruht, so würden dieselben in der dynamischen Bilanz des Chemismus mit berücksichtigt werden. Sollte endlich die von uns angenommene Organisation des Protoplasma gar nicht existiren, so würde der Werth jener Constante gleich Null und könnte ganz unberücksichtigt bleiben.

Unsere Aufgabe hat sich nunmehr dahin zugespitzt, den dynamischen Werth der chemischen Zusammenfassung des Protoplasma und der in ihm vorgehenden chemischen Veränderungen zu bestimmen, d. h. die durch die Beschaffenheit der chemischen Verbindungen, welche das Protoplasma jeweilig zusammensetzen, repräsentirte potentielle Energie festzustellen.

Alle chemischen Umsetzungen beruhen auf einer neuen Gruppierung der Atome, auf einer Veränderung ihrer Configuration. Wir haben daher die von ihrer specifischen Configuration abhängige potentielle Energie einer chemischen Verbindung mit der potentiellen Energie einer oder mehrerer, aus dieser entstandenen neuen Verbindungen zu vergleichen, und wir werden die gefundene Differenz als Gewinn

oder Verlust an potentieller Energie in Rechnung zu stellen haben, wobei einer Verminderung an potentieller Energie die Erzeugung von kinetischer Energie im gleichen numerischen Betrage entspricht, die zur Verrichtung von mechanischer Arbeit disponibel wird, oder die Temperatur des Systemes zu erhöhen vermag. Nach der von uns oben (S. 127) angenommenen Bezeichnungsweise werden wir also bei jeder chemischen Veränderung im Protoplasma zu untersuchen haben, ob der dynamische Werth dieser Veränderung *positiv* oder *negativ* ausfällt.

Wir würden das Problem der Dynamik des Protoplasma fomit als gelöst ansehen können, wenn es gelungen sein sollte, die Abhängigkeit der Aenderung seiner Energie von der Aenderung der Configuration und der Bewegung seiner Theilchen, sowie den Grad der Aenderung seiner Energie für jede einzelne Epoche seiner Existenz zu ermitteln, d. h. zu bestimmen, wieviel Arbeit geleistet werden muß, um einen Zustand des Protoplasma in einen anderen überzuführen; denn nur auf die *Veränderung* der Energie des Protoplasma kann es der physiologischen Forschung ankommen, nicht auf ihren absoluten Werth.

Sollen aber die Vorgänge im Protoplasma durch die dynamische Behandlung wirklich erklärt werden, so müssen wir Configuration, Bewegungen und bewegende Kräfte im Einzelnen und für jede einzelne Epoche *genau feststellen*, — eine Aufgabe, die von der Mechanik wohl für relativ ganz einfache Systeme gelöst worden ist und gelöst werden kann, deren Lösung aber für das als materielles System betrachtete Protoplasma bei der ungeheuren Complication, welche dasselbe darbietet, unmöglich genannt werden muß.

Wenn fomit diese Betrachtung nur dahin geführt hat, zu zeigen, daß wir eine vollständige Mechanik des Protoplasma voraussichtlich niemals erreichen werden, so soll sie uns doch nicht davon abschrecken, unverrückbar das oben bezeichnete Ziel im Auge zu behalten, die mechanische Naturbetrachtung auch auf das Protoplasma auszudehnen, so weit dies möglich ist. Es wird immerhin schon von hohem Werthe sein, die sich vollziehenden Energie-Aenderungen im Protoplasma wenigstens qualitativ festzustellen und wird es vielleicht gelingen, durch

Vergleich zahlreicher Beobachtungen die Ergebnisse solcher Untersuchung in Form einer Curve darzustellen, welche sich den thätlichen Verhältnissen auch quantitativ nähert. So viel wissen wir mit Sicherheit, daß einem gegebenen Zustande des Protoplasma ein bestimmter Betrag an Energie entspricht, und ebenso sicher wissen wir, daß die Gesamt-Energie des Protoplasma durch Wirkung zwischen den Theilchen seiner Substanz weder vermehrt noch vermindert werden kann, sondern daß nur potentielle Energie in kinetische sich verwandeln kann und umgekehrt. Als erste Frage werden wir daher stets ins Auge zu fassen haben, ob bei einer chemischen Veränderung der dynamische Effect ein positives oder negatives Vorzeichen besitzt.

Nun befindet sich aber das Protoplasma, als materielles System gedacht, keineswegs in einem Gleichgewichtszustande, sondern seine Theilchen befinden sich in mehr oder minder lebhafter Bewegung.

Die lebendige Kraft dieser Bewegung strebt danach, sich durch Leistung von Arbeit aufzuzehren, oder als Wärme sich mit der Wärme der umgebenden Medien auszugleichen. Auch dieser Umstand empfiehlt uns, ein gemeinsames Maass für die Energie im Protoplasma aufzufuchen, und dieses Maass finden wir im Wärmewerth, den sowohl die Configuration wie die Bewegung des Systems repräsentirt.

Aus diesen Umständen folgt aber, daß es für den Fortschritt in der physiologischen Erkenntniß des Protoplasma, nachdem seine chemische Composition einmal festgestellt ist, keine wichtigere Vorarbeit geben kann, *als die genaue Bestimmung der Verbrennungswärme und der specifischen Wärme sämtlicher Stoffwechselproducte des Protoplasma*. Solche Bestimmungen sind aber schwierig, sie erfordern ein eingehendes Specialstudium. Auch sind bereits eine Anzahl anerkennenswerther Untersuchungen in dieser Richtung vorhanden, aus neuester Zeit ist namentlich eine Arbeit von RECHENBERG*) zu erwähnen, dennoch liegen über zahlreiche wichtige Substanzen kein zuverlässigen calorimetrischen Angaben vor. Kennen wir die chemische Zusammen-

*) v. RECHENBERG, Ueber die Verbrennungswärme organischer Verbindungen. Journ. f. prakt. Chemie XXII, S. 1 ff. 1880.

setzung des Protoplasma in jeder Phase genau, kennen wir ferner die Verbrennungswärme jedes einzelnen Stoffwechselproductes, so wird sich die Energie des Protoplasma, sofern sie von der chemischen Configuration seiner Bestandtheile und deren Veränderung abhängt, annähernd genau berechnen lassen. Das dynamische Problem wird also dadurch practisch zu einem chemischen; allein auch der *vollständigen* Lösung dieser chemischen Aufgabe stellen sich große technische Schwierigkeiten entgegen.

Thatfächlich werden wir unsere Untersuchung damit anheben lassen, zu ermitteln, in welchen Verbindungen das Minimum an potentieller Energie enthalten, die Verbrennungswärme gleich Null ist. Es sind dies die unverbrennlichen, einen Zustand hoher und höchster Oxydation darstellenden Substanzen, wie CO_2 , H_2O , SO_4H_2 u. a. *Diese Substanzen repräsentiren den Zustand eines stabilen Gleichgewichts.* Wir haben dann eine Reihe von Substanzen von relativ geringerer Verbrennungswärme, dieselben besitzen meistens nur ein niedriges Moleculargewicht, während andere Componenten des Protoplasma von hohem Moleculargewicht auch hohe calorische Werthe repräsentiren. Wo nun immer ein chemischer Proceß sich abspielt, wo immer eine Verbindung synthetisch aus anderen sich aufbaut, oder eine Verbindung analytisch in andere sich spaltet, da haben wir stets den Wärmehalt der zur Action kommenden Massen im Anfangszustande und im Endzustande mit einander zu vergleichen und die Differenz der Verbrennungswärmen zu bestimmen. Wir ertheilen dann der Ziffer, welche diese Differenz ausdrückt, ein positives Vorzeichen, wenn die Verbrennungswärme der Molekelgruppe, die wir untersuchen, sich vermindert hat, weil dabei kinetische Energie entstanden sein muß; das Vorzeichen wird negativ bei einer Zunahme der Verbrennungswärme, weil dies eine Zunahme an potentieller Energie bedeutet und eine entsprechende Menge an kinetischer Energie dafür verschwunden sein muß. Alle Verbindungen aber, die überhaupt noch eine Verbrennungswärme besitzen, repräsentiren einen

Zustand *labilen* Gleichgewichts gegenüber denjenigen Verbindungen, deren Verbrennungswärme gleich Null ist.

Es liegt nicht in meiner Absicht, hier auf alle diejenigen Umstände im Einzelnen hinzuweisen, welche eine Consumption und Ausgleichung der im Protoplasma erzeugten freien Wärme bewirken; nur ein Punkt mag noch kurz berührt werden. Nach dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie vermag die im Protoplasma entwickelte Wärme nur dann Arbeit zu leisten, wenn Temperatur-Differenzen im Innern des Protoplasma vorhanden sind. Wo es daher innerhalb des Protoplasma zur Verrichtung mechanischer Arbeit kommt — und jede Contractilitäts-Bewegung ist wohl als hierher gehörig anzusehen, muß die Vertheilung der Wärme im Innern eine ungleiche sein; als Urfachen solcher innerer Temperatur-Differenzen können locale Oxydationen, vielleicht auch Unterschiede in der specifischen Wärme gewisser Bestandtheile des Protoplasma angenommen werden.

Wenn wir die Stoffwechselproceße im Protoplasma specieller in's Auge fassen, so werden wir denselben nunmehr eine bestimmte dynamische Bedeutung zusprechen können und läßt sich das Ergebniss unserer diesbezüglichen Betrachtungen kurz dahin zusammenfassen, daß

- 1) jeder Zuwachs an organischer Substanz für das Protoplasma einen Zuwachs an Energie, und zwar zunächst an potentieller Energie bedeutet;
- 2) daß nicht nur durch die Assimilation, sondern auch durch die fernere progressive Stoffmetamorphose potentielle Energie angehäuft wird, woraus sich eine Consumption an kinetischer Energie erschließen läßt, die zur Leistung der durch die progressive Metamorphose repräsentirten Arbeit verwendet wird. Die Summe der dynamischen Effecte der progressiven Stoffmetamorphose erhält somit ein negatives Vorzeichen.
- 3) In der regressiven Stoffmetamorphose wird potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt; durch sie wird Wärme frei gemacht, durch sie werden alle jene Betriebskräfte entfesselt, die zur Leistung der mannigfachen Arbeit im Proto-

plasma nothwendig sind, und ohne welche der Lebensproceß des Protoplasma nicht gedacht werden kann.

Mit einem Schlage wird durch diese Betrachtung klar, daß die regressive Metamorphose für das Protoplasma und für den Organismus überhaupt eine ebenso hohe Wichtigkeit besitzt, wie die progressive Metamorphose; durch die letztere wird immerfort chemische Spannung erzeugt, die sich in der regressiven Metamorphose unausgesetzt zum Impuls der Bewegungen wieder löst.

Der Organismus muß nicht bloß Substanz, sondern auch Kraft, d. h. Energie, assimiliren; denn in der Eizelle, im Spermatozoid ist ja ein geringerer Vorrath an Energie enthalten, als in einem erwachsenen Thiere. Das Thier aber, wie auch das nicht grün gefärbte Protoplasma der Pflanze, erwirbt diesen Zuwachs an Energie in Form von assimilirter Materie, d. h. von leicht zerstörbaren und oxydirbaren Verbindungen; die Pflanzenzelle zum großen Theil auch in der Form von zugeführten Wärme- und Lichtschwingungen. Die Unterhaltung der Bewegungen des Lebensmechanismus wird dann durch die Zerstörung der assimilirten Substanzen und durch ihre Ueberführung in Verbindungen des stabilen Gleichgewichtszustandes beschafft. Zweierlei Gruppen von Wirkungen sehen wir somit im Protoplasma thätig: die einen bauen auf und organisiren in fast bewußt zu nennender Zielstrebigkeit, die anderen zerstören und entwickeln Kraft und Bewegung. Nicht bloß in specifischen Schwingungen der Eiweißmoleküle besteht daher das Leben, wie einige Naturforscher meinen, sondern in der Assimilationsmechanik des chemisch complicirt gebauten Protoplasma, die fremde Stoffe in die eigene Körpersubstanz umwandelt und die ihrerseits wieder die nöthigen Betriebskräfte aus den angehäuften Vorräthen zu entnehmen weiß. Die organischen Substanzen im Protoplasma sind daher der Uhrfeder in einem Mechanismus vergleichbar, welche durch das Aufgezogenwerden ihre Configuration derartig ändert, daß dadurch ein Zuwachs an potentieller Energie für das System gewonnen wird, der im Ablauen der Uhr in kinetische Energie sich umsetzt. Die anorganischen Bestandtheile der Zelle können eine

folche Bedeutung nicht haben, weil sie sich sämmtlich im Zustande eines stabilen Gleichgewichts befinden.

Schon im vorigen Abschnitte ist auf die große Bedeutung des Eingreifens des freien atmosphärischen Sauerstoffs in den Chemismus der regressiven Metamorphose hingewiesen; aber auch die dynamische Seite dieser Beziehung besitzt ein hervorragendes Interesse. Die Frage nach der Bedeutung des atmosphärischen Sauerstoffs für die Stoffwechselprocesse im Protoplasma ist eine complicirte und schwierige, die bisher ausgeführten Experimental-Untersuchungen sind noch nicht geeignet, das über diesen Vorgängen lagernde Dunkel befriedigend aufzuhellen, es bedarf erneuter Untersuchungen nach verschiedenen, zum Theil bis jetzt noch nicht eingeschlagenen Richtungen.

Mit Sicherheit wissen wir, daß im Getrenntsein von Kohlenstoff und Sauerstoff innerhalb eines materiellen Systemes ein gewaltiger Vorrath an potentieller Energie gegeben ist. Veranlassen wir die Molecüle beider Grundstoffe, sich zu CO_2 zu vereinigen, so sinkt der Werth der im Anfangszustande des Systems gegebenen potentiellen Energie auf Null; ein entsprechender, bedeutender Werth an kinetischer Energie wird frei, den wir aus der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs zu bestimmen vermögen. Ein gleichsinniger, wenn auch numerisch geringerer Effect wird erzielt, wenn anstatt des Kohlenstoffs eine kohlenstoffreiche Verbindung der Oxydation anheim fällt, wobei neben CO_2 auch H_2O entsteht. Ferner versteht es sich von selbst, daß, wenn der Sauerstoff ursprünglich außerhalb des Systems gegeben ist und einen Bestandtheil des Systems oxydirt, das System dadurch einen Zuwachs an Energie empfängt, dessen Betrag in der Oxydationswärme jener Substanz gemessen werden kann. Endlich scheint mir für die Pflanzenzelle durch die Untersuchungen von PRINGSHEIM*) erwiesen, daß gewisse Substanzen im vegetabilischen Protoplasma durch freien atmosphärischen Sauerstoff eine directe Oxydation erfahren. Denn eine Reihe von Zerstörungsprocessen im Protoplasma, welche

*) Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze. Jahrb. f. wissensch. Bot. XII. S 288 ff. 1881.

bei Gegenwart von Sauerstoff sich mit Sicherheit constatiren lassen, unterbleiben, sobald die Zelle sich in einem sauerstofffreien Medium befindet. Diese Oxydationswirkung des Sauerstoffs bei niedriger Temperatur vollzieht sich aber ausschließlich im lebsthätigen Protoplasma; im Protoplasma ist also ein Factor enthalten, dessen Mitwirkung für das Zustandekommen der Oxydation eine Nothwendigkeit ist. Die Untersuchungen PRINGSHEIM'S haben ferner gelehrt, daß die durch Lichtschwingungen verursachte moleculare Erschütterung des Protoplasma den Oxydationsproceß in überraschender Weise beschleunigt.

Weiter wissen wir mit Sicherheit, daß lebendes Protoplasma unter normalen Verhältnissen Sauerstoff absorbiert und CO_2 ausscheidet, und daß diese Ausscheidung von CO_2 fortdauert, wenn man die Zelle in ein sauerstofffreies Medium versetzt hat.

Unsicher dagegen ist vor der Hand die theoretische Deutung des vollständigen Verhältnisses zwischen lebendem Protoplasma und Sauerstoff.

Wir werden gewiß nicht fehlgehen, wenn wir die vitale Oxydation zu den Fundamentalererscheinungen des Lebensprocesses rechnen; es wird aber auch die Annahme, daß die Grundercheinungen des Lebens für alle oder doch für die meisten Organismen im Wesentlichen die gleichen sind, stets große innere Wahrscheinlichkeit besitzen. Wenn wir daher die Vorgänge der vitalen Oxydation aus theoretischem Gesichtspunkte betrachten wollen, so werden wir nicht umhin können, wie es auch meistens geschehen ist, die Erfahrungen der thierischen Physiologie mit denen der Pflanzenphysiologie zu vergleichen.

Die Athmung der Pflanze hat man früher allgemein dahin gedeutet, daß gewisse Substanzen durch den vom Protoplasma absorbirten freien Sauerstoff oxydirt werden, und CO_2 als Product directer Oxydation ausgeschieden wird. Analog deutete man auch die Athmung der Thiere, bei denen die Oxydation sich bekanntlich in den Geweben und nicht im Blute vollzieht. In neuerer Zeit ist dagegen für den thierischen Athmungsproceß eine ganz andere Erklärung gegeben

worden, besonders durch die wichtigen Arbeiten E. PFLÜGER'S*). Die Untersuchungen PFLÜGER'S stützen sich auf einen mehrfach wiederholten Versuch, wonach Frösche in einer sauerstofffreien Atmosphäre längere Zeit fortfahren, CO_2 auszuscheiden. PFLÜGER nimmt an, daß die Ausscheidung von CO_2 nicht als Folge der Oxydation zu betrachten sei, sondern unabhängig von dieser verlaufe, ihr sogar vorausseile. Er nimmt dabei an, daß die Eiweißmoleküle im lebenden Protoplasma in Folge gesteigerter Wärmeschwingungen diffociiren und dabei in Wasser, amidartige Substanzen und CO_2 zerfallen; nachdem durch heftige intramoleculare Schwingungen aus dem Eiweißmolecul die CO_2 -gruppe herausgetrieben worden, tritt Sauerstoff in die dadurch entstandene Bresche und wird von dem Moleculreste assimiliert. Die für die Diffociation nothwendige intramoleculare lebendige Kraft soll dadurch hervorgebracht werden, daß durch die Wärmeschwingungen locker gebundene O-Atome gegen C-Atome der Eiweißmoleküle geschleudert werden, daß hierdurch CO_2 entsteht, welches explosionsartig eine ungeheure Wärmemenge auf einem Punkte erzeugt und dadurch die Diffociation hervorruft. Die vitale Oxydation wäre somit also keine directe, sondern eine indirecte.

Nachdem nun die Beobachtung gemacht worden, in Deutschland zuerst durch BÖHM, in Frankreich durch LECHARTIER und BELLAMY, daß nicht bloß der Hefepilz, sondern auch Theile von Blütenpflanzen in einer sauerstofffreien Atmosphäre CO_2 ausscheiden können, wobei nebenher immer Aethylalkohol in den Zellen sich bildet, sind sogleich einige neue Athmungstheorien entstanden, welche mehr oder weniger an die PFLÜGER'sche Athmungstheorie sich anlehnen. Es soll hier nur einer dieser Versuche Erwähnung finden, die Athmungstheorie

*) Vgl. namentlich die folgenden Arbeiten dieses hervorragenden Physiologen, die auch für den Pflanzenphysiologen des Anregenden überaus viel enthalten: Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen, Archiv f. Physiol. X, S. 251 ff. 1875. — Ueber den Einfluß der Athemmechanik auf den Stoffwechsel, l. c. XIV, S. 1 ff. 1877. — Ueber den Einfluß der Temperatur auf die Respiration der Kaltblüter, l. c. S. 73. — Ueber Wärme und Oxydation der lebendigen Materie, l. c. XVIII, S. 247. 1878.

von JULIUS WORTMANN*). WORTMANN hatte beobachtet, daß eine Keimpflanze im Torricellischen Vacuum in der Zeiteinheit ebenso viel CO_2 ausscheidet als in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre. Nach WORTMANN'S**) Vorstellung zerfallen die »Protoplasma«-Moleculé in der Zelle, wobei auch Kohlenhydrate entstehen; durch einen Theil dieser vorhandenen Kohlenhydrate werden sie wieder »restaurirt«, während andere, Zuckermoleculé, bei ihrem Entstehen weiter in Alkohol und CO_2 zerfallen. Vollzieht sich dieser Proceß in atmosphärischer Luft, so wird der Alkohol durch Sauerstoff unter Wasseraustritt zu »Isomeren der Essigsäure« oxydirt, deren Atome sich wieder zu einem Zuckermolecul umlagern. Der Finaleffect der Sauerstoffwirkung wäre somit eine Reduction.

Diese, zunächst rein chemische Hypothese bedarf natürlich ausgedehnter experimenteller Prüfung nach verschiedenen Richtungen. Wenn die sogenannte innere oder intramoleculare Athmung der Pflanzen stets mit der alkoholischen Gärung identisch ist, also Aethylalkohol als Nebenproduct erzeugt, so kann sie nicht vorkommen in Pflanzentheilen, welche keinen Traubenzucker enthalten, beziehungsweise zu bilden vermögen. Dies ist ein Bedenken, welches sich gegen die allgemeine Anwendbarkeit der Theorie erhebt. Andere Bedenken sind kürzlich durch DETTMER***) vorgeführt worden. Endlich wird darin einer doch auch unzweifelhaft in den Pflanzenzellen stattfindenden directen Oxydation keine Rechnung getragen.

Es ist nicht meine Absicht, an dieser Stelle eine Kritik der WORTMANN'schen Athmungstheorie zu liefern. Ich selbst gehöre allerdings bis jetzt noch zu denjenigen Physiologen, welche sich die normale Athmung des vegetabilischen Protoplasma als einen directen Oxydationsproceß vorstellen. Ich bin auf diesen wichtigen Theil des vegetabilischen Stoffwechsels nur eingegangen, weil ich versuchen

*) Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, II, S. 500 ff. 1880.

**) l. c. S. 518.

***) Das Wesen der Stoffwechselprocesse im vegetabilischen Organismus. Jahrb. wissensch. Bot. XII. S. 277.

möchte, zu zeigen, daß der Zusammenhang zwischen der normalen und der sogenannten inneren oder intramolecularen Athmung gar kein *direct chemischer* zu sein braucht, sondern auch als ein rein *dynamischer* vorgestellt werden kann.

Um diese Vorstellung zu begründen, ist es nöthig, an eine interessante Arbeit von PFLÜGER *) anzuknüpfen, in welcher dieser Forscher ein biologisches Grundgesetz von allgemeinerer Geltung entwickelt hat; er nennt es das Gesetz der *teleologischen Mechanik*.

Ich will versuchen, den Grundgedanken PFLÜGER'S wieder zu geben, theilweise mit seinen eigenen Worten.

»Wenn wir sehen, daß ein Thier, ähnlich wie der Mensch, seine Handlungen den jeweiligen Zuständen der es umgebenden Körperwelt fortwährend so anpaßt, wie es für seine Wohlfahrt am vortheilhaftesten ist, dann schließen wir, daß jene Handlungen durch Ueberlegungen bestimmt seien, also der Ausfluß eines mit Bewußtsein begabten psychischen Vermögens. Wir bemerken nun ferner, daß auch diejenigen Organe der Thiere, auf deren Arbeit die bewusste Seele keinen Einfluß ausübt, in analoger Weise wie das Gesamttthier den wechselnden Verhältnissen gegenüber ihre Arbeit zweckmälsig reguliren«. Es besteht also eine Analogie zwischen der zweckmäßigen Arbeit der Organe und der bewussten, denkenden Thätigkeit der Seele — eine bereits von Aristoteles geäußerte Wahrnehmung. Diese, durch zahlreiche Beispiele illustrierte Vorstellung führt PFLÜGER zur Aufstellung des Satzes, *daß die Ursache jeden Bedürfnisses eines lebendigen Wesens zugleich die Ursache der Befriedigung desselben ist*. Wo also ein Mangel auftritt, da veranlaßt derselbe zugleich die Befriedigung, der Verbrauch an organischer Substanz wird die Ursache zur Aufnahme von Nährstoffen, und »die lebendige Zelle regulirt den Zutrom des Sauerstoffs zu sich selbst«.

Wenn wir nun die Keimpflanze einer Bohne oder Erbse in einen sauerstofffreien Raum verletzen, so befindet sich dieselbe offenbar pathologischen Lebensbedingungen ausgesetzt.

*) Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur. Archiv f. Physiol. XV. S. 57 ff. 1877.

Das Protoplasma einer solchen Pflanze bedarf zur Erfüllung seiner Functionen eines gewissen Aufwandes an kinetischer Energie, die in seinem Innern erzeugt werden muß, was unter normalen Verhältnissen durch Oxydation mittelst atmosphärischen Sauerstoffs geschieht. Wird die Pflanze durch Entziehung des Sauerstoffs dieser Kraftquelle beraubt, so wird durch das Bedürfnis nach Kraft eine neue Molecularbewegung ausgelöst, welche zur Abspaltung von CO_2 führt. In vielen Fällen ist dies ohne Zweifel alkoholische Gärung, da man den Aethylalkohol direct in den Zellen nachgewiesen hat; in anderen Fällen bliebe zu untersuchen, ob nicht CO_2 auch durch Diffociation von Eiweißmoleculen zu entstehen vermag. Da die Verbrennungswärme von CO_2 gleich Null ist, so darf angenommen werden, daß die übrigen, neben CO_2 entstehenden Spaltungsproducte zusammen eine geringere Verbrennungswärme besitzen, als die gegebene Substanzmenge vor der Spaltung oder Diffociation; die Differenz hat sich in kinetische Energie umgewandelt, welche dem Protoplasma zu Gute gekommen ist,

So würde in diesem Falle das *Bedürfnis* nach kinetischer Energie die Ursache des *Erwerbs* von kinetischer Energie geworden sein, und es würde sich das Auftreten alkoholischer Gärung in lebenden Pflanzenzellen, denen der freie atmosphärische Sauerstoff entzogen war, *rein dynamisch* aus PFLÜGER'S Gesetz der teleologischen Mechanik erklären lassen. WORTMANN'S Beobachtung, daß Pflanzen bei »intramolecularer Athmung« eben so viel CO_2 ausscheiden als bei normaler, steht mit der hier versuchten Erklärung in keinerlei Widerspruch.

Dies ein Beispiel mag genügen, um zu zeigen, daß die rein dynamische Betrachtung der Stoffwechselprocesse zum Mindesten nicht ungeeignet ist, besondere und interessante Gesichtspunkte für die theoretische Untersuchung dieser Processe zu liefern.

V. Die Stoffwechselproducte von *Aethalium septicum*.

Wenn ich von dem Gesichtspunkte der in dieser Abhandlung entwickelten Principien aus die Hauptergebnisse der Analyse des Protoplasma von *Aethalium septicum* vergleichend überblicke, so möchte ich zunächst noch einmal auf die besondere Wichtigkeit jenes Fundamentalversuches hinweisen, durch welchen es gelang, mittelst der Presse die Substanz des Protoplasma in zwei Hauptbestandtheile von verschiedenem Aggregatzustande zu zerlegen, in einen festen, aber gequollenen und plastischen, und in eine ächte Flüssigkeit, eine wässerige Lösung. Im lebenden Plasmodium müssen beide Bestandtheile sich durch einander mengen, ich habe von der Verbindung beider Substanzen mit einander die Vorstellung entwickelt, daß man sich das Verhältniß denken könne, wie einen mit einer Flüssigkeit getränkten Badeschwamm. Dies Gleichniß ist insofern nicht vollständig zutreffend, als die Plasmodien von *Aethalium* mit einer homogenen Hautschicht aus Gerüstsubstanz umkleidet sind; ob man annehmen will, die Substanz der Hautschicht sei von der inneren Gerüstsubstanz verschieden oder nicht, scheint mir von untergeordneter Bedeutung zu sein, einen zwingenden Grund für die Annahme solcher Verschiedenheit vermag ich aber nicht zu finden. Ferner ist es mir aus physiologischen (mechanischen) Gründen, die bereits theilweise angedeutet worden sind, nicht unwahrscheinlich, daß die von Enchylema erfüllten Hohlräume in der Gerüstsubstanz hier und da durch zarte Diaphragmen der überaus plastischen contractilen Materie septirt werden. Daß man am lebenden Plasmodium von *Aethalium* den hier aus dem Experiment gefolgerten Bau durch das Microskop nicht direct wahrzunehmen vermag, erklärt sich besonders aus der großen Uebereinstimmung im Lichtbrechungsvermögen von Gerüstsubstanz und Enchylema. Dennoch scheint mir auch die microkopische Untersuchung die Vorstellung dieser angenommenen Structur zu unterstützen. Verfolgt man nämlich

die Entwicklung der Rinde eines reifenden Fruchtkörpers von *Aethalium* mit dem Microskop, so erkennt man mit dem allmählichen Schwinden des Enchylema ein immer deutlicheres Hervortreten der festen Substanz in Form eines nach drei Dimensionen entwickelten Netzwerks oder vielmehr einer schwammartig durchlöchernten Textur. Man erkennt größere Löcher bereits mit bloßem Auge oder mit der Lupe, sie entsprechen den von DE BARY als besondere Fruchtkörper angesprochenen morphologischen Componenten des Gesamt-Fruchtkörpers von *Aethalium*, das Microskop zeigt dann ein immer feineres Netzwerk auf, welches mit jenem gröberen durch Uebergänge verbunden ist. Auch in dem Capillitium, wobei man z. B. an *Stemonitis* und *Arcyria* denken mag, sind vielleicht umgewandelte Reste der Gerüstsubstanz zu erblicken. Wenn auch durch den 40 bis 50 Atmosphären betragenden Druck der Presse ein sehr gewaltsamer Eingriff in die Structur des Protoplasma geschehen ist, so ist doch seine Zusammensetzung aus einem festen und einem flüssigen Bestandtheile dadurch definitiv erwiesen. In chemischer Hinsicht kann dieser Eingriff gar nicht in Betracht kommen, nach dieser Richtung ist er sicher gelinder, als die Behandlung mit irgend einem Reagens, selbst mit destillirtem Wasser. Dagegen wird die eigentliche Organisation des Protoplasma durch einen solchen Druck allerdings vollständig zerstört. Ich denke mir das Verhältniß ähnlich, als wenn man eine Nacktschnecke, etwa einen *Arion*, unter die Presse legen wollte; die Organisation des Thieres würde durch die Quetschung völlig vernichtet werden, allein man hätte doch den Beweis geliefert, daß der Körper desselben aus festen Bestandtheilen und aus Flüssigkeit zusammengesetzt ist. Keineswegs aber würde es möglich sein, aus Gallerte oder einer zähen Flüssigkeit — und als eine solche hat man das Protoplasma ja meistens bezeichnet — z. B. aus einer Gummilösung, aus Zuckersyrup u. s. w. die festen Bestandtheile von den flüssigen durch die Presse zu trennen, weil beide ein homogenes Medium von einheitlichem Aggregatzustand bilden.

Was nun die chemische Zusammensetzung des Protoplasma der jungen Fruchtkörper anbetrifft, so möchte ich zunächst hervorheben,

daß verschiedene Erwägungen es mir wahrscheinlich machen, daß dies Protoplasma im Wesentlichen wirklich nur aus *affimilirten* Substanzen besteht, d. h. aus Producten der progressiven und regressiven Stoffmetamorphose, und daß wenigstens von den als Rohmaterial aus der Lohe aufgenommenen Nährstoffen darin nur ganz geringfügige Spuren noch enthalten sind. Diese Annahme wird durch den Umstand nahe gelegt, daß die Plasmodien erst nach einer längeren Periode ernährungsphysiologischer, d. h. affimilirender Thätigkeit von den Lohestücken, die sie umspannen hatten, sich lösen, das Innere des Lohehaufens verlassen, an seiner Oberfläche sich sammeln und hier zu den Protoplasma Massen der Fruchtkörper verschmelzen. Die Aufnahme von Nährstoffen dauerte entschieden nur so lange, als die noch im rein vegetativen Stadium befindlichen Plasmodiummäße mit der Oberfläche der imbibirten Lohestückchen sich in unmittelbarer Berührung befanden. Mit der Ablösung der Plasmodien von ihrem Substrat hatte die Aufnahme von Nährstoffen ihr Ende erreicht, zugleich waren dieselben aber muthmaßlich bereits in Affimilationsproducte übergeführt worden, sofern nicht einzelne der Nährstoffe direct als Baumaterial des Protoplasmaleibes verwerthet werden konnten. Wir gelangen zu diesem Schlusse durch die Heranziehung des allgemeinen Principes der vegetabilischen Ernährung, daß die Aufnahme neuer Nährstoffe bedingt werde durch den Verbrauch derselben im Organismus. Die Aufnahme der Nährstoffe erfolgt also wesentlich nur, um entstandene Lücken zu schließen, und wenn in den Plasmodien von *Aethalium* die letzten dieser Lücken ausgefüllt sind, hat auch die Aufnahme dieser Nährstoffe ein Ende gefunden. Dieser Thatbestand dürfte aber mit dem Beginn der Fruchtkörperbildung eingetreten, bei Vollendung derselben aber nur wirkliche Stoffwechselproducte im Protoplasma enthalten sein.

Für die Richtigkeit dieser Annahme spricht auch eine Beobachtung. Bei Anwendung größter Sorgfalt und ganz reinem Protoplasma konnte nämlich in den jungen Fruchtkörpern keine Spur von Schwefelsäure, d. h. eines schwefelbaren Salzes, aufgefunden werden,

obgleich die bekannte Reaction auf Schwefelsäure ungemein empfindlich ist. Diese Thatfache ist darum von Bedeutung, weil sich im wässrigen Extract der Lohe, wie sie auf den Höfen der Gerbereien zu finden ist, leicht ein reicher Gehalt an Sulfaten nachweisen läßt, wie denn auch das Göttinger Wasser allgemein sehr viel Gyps enthält. Wenn nun im Ernährungsproceß der Plasmodien die leicht diffundirbaren Sulfate in das Innere derselben eindringen, mußten sie sofort eine Reduction zu jenen schwefelhaltigen Atomgruppen erfahren, welche sich an dem Aufbau der Eiweißmoleculé betheiligen. Damit ist wenigstens für die eine der als Nährstoffe dienenden Verbindungen der Beweis geliefert, daß sie in den Fruchtkörpern nicht mehr im unassimilirten Zustande angetroffen wird. Ferner ist in der Lohe eine in Wasser lösliche Verbindung vorhanden, welche FEHLING'sche Lösung reducirt, und die wir wohl als Traubenzucker ansehen dürfen; im Protoplasma der Fruchtkörper von *Aethalium* sind dagegen niemals auch nur Spuren einer Kupferoxyd reducirenden Substanz nachzuweisen. Warum sollten wir nun die Hypothese machen, daß die meisten der übrigen Nährstoffe sich anders verhalten, als die Schwefelsäure und der Traubenzucker? Daß einzelne Ausnahmen vorkommen können, ward bereits oben zugestanden, und liegt diese Annahme nahe für einzelne leicht diffundirbare Kohlenstoffverbindungen (z. B. Essigsäure), welche direct und unzersetzt die Körpersubstanz der Plasmodien ergänzen können. Daß Colloidsubstanzen oder gar emulsionsartig in wässriger Flüssigkeit vertheilte Körper überhaupt von den Plasmodien aufgenommen werden sollten, erscheint mir aus dem Grunde wenig wahrscheinlich, weil nach PFEFFER die Hautschicht des Protoplasma sich weniger permeabel erweist als die Cellulosemembran der Pflanzenzellen.

Diese Betrachtungen mußten angestellt werden im Hinblick auf künftig vorzunehmende Untersuchungen über Stoffbildung und Ernährung der Plasmodien und Versuche, die letztere künstlich zu unterhalten. Das natürlich gegebene Ernährungssubstrat von *Aethalium septicum* ist ja die Lohe; vergegenwärtigen wir uns einmal, was für

Bestandtheile wir als chemische Componenten der Lohe, die für die Ernährung der Plasmodien in Betracht kommen, werden erwarten dürfen.

Die in den Gerbereien benutzte Lohe besteht bekanntlich aus der zerkleinerten Rinde junger Eichbäume. Als diese Rinde von den Stämmen abgeschält wurde, enthielt dieselbe zahlreiche, von Protoplasma erfüllte Gewebezellen, deren Inhalt durch die spätere Behandlung zum Eintrocknen gebracht wurde. Ausser den wegen ihrer Unlöslichkeit wenig in Betracht kommenden Zellwänden besteht also ein beträchtlicher Theil der Lohe aus getrocknetem Protoplasma und aus den im Zellsaft gelöst gewesenen Substanzen. In den Gerbereien wird die Lohe mit Wasser aufgeweicht und dann längere Zeit in Berührung mit thierischen Häuten in verschlossenen Behältern sich selbst überlassen. Ein geringer Theil der löslichen Substanzen der Häute mag hierbei in die Lohe eindringen, viel wird es nicht sein, und Fäulnisproducte werden sich nicht bilden, weil die gerbstoffhaltige Lohe entschieden antiseptisch wirkt. Die in den Zellen der Lohe vorhandenen Gerbstoffe werden bei diesem Verfahren der Lederfabrikation fast gänzlich verbraucht. Die nun technisch nicht weiter nutzbare Lohe wird dann in grossen Haufen zusammengeschüttet, sie besitzt anfangs noch die bräunlich-gelbe Farbe der frischen Lohe, nach längerem Liegen an der Luft nimmt sie eine dunkelbraune Färbung an; mit dem Eintreten dieser Verfärbung läßt sich das Auftreten zahlreicher Spaltpilze an der Oberfläche der Lohestückchen nachweisen.

Wenn wir nun, woran wohl kaum zu zweifeln sein dürfte, annehmen, daß das Protoplasma der verschiedensten Pflanzen zum grossen Theil aus identischen, sonst aber wenigstens aus physiologisch gleichwerthigen Verbindungen zusammengesetzt ist, so werden wir als Bestandtheile der Lohe — abgesehen von den Zellwänden — im Allgemeinen die gleichen oder doch ähnliche Verbindungen zu erwarten haben, wie sie uns im Protoplasma von *Aethalium* entgegengetreten sind. In der That wird diese Vermuthung durch eine, wenn auch

nur wenig eingehende chemische Untersuchung der Lohe bestätigt. Die von mir vorgenommene und im Folgenden kurz referirte Prüfung hatte nicht den Zweck, die sämmtlichen Bestandtheile der Lohe kennen zu lernen, sondern ich wollte nur ermitteln, ob in dem wässrigen Auszug der Lohe alle diejenigen Substanzen in hinreichender Menge enthalten sind, deren die Plasmodien von *Aethalium* zu ihrer Ernährung bedürften, der Kohlenstoff natürlich als organische Verbindung; beiläufig ward dann auch der Aetherextract mit untersucht. Es stellte sich bald heraus, daß der wässrige Auszug der Lohe auf jeden Fall zur Ernährung von *Aethalium* hinreicht, und daß man in den Plasmodien nicht etwa ein die Wandsubstanzen der Zellen in Lösung bringendes Ferment anzunehmen braucht.

1. Excurs über einige chemische Bestandtheile der Lohe.

Es wurde zunächst Lohe untersucht, wie sie eben aus den Gruben kommt, die ihren Gerbstoff abgegeben hatte, aber noch alle die für *Aethalium* in Betracht kommenden Nährstoffe enthielt. Zuvörderst suchte ich die Frage zu entscheiden, ob die sämmtlichen Grundstoffe der Asche von *Aethalium* in löslicher Verbindungsform in der Lohe enthalten sind, also im wässrigen Auszuge derselben sich finden.

Es ward zu dem Ende eine Quantität Lohe mit Wasser ausgekocht und das wässrige Extract bis zur Trockne eingedampft, der schwarzbraune Rückstand wurde gepulvert und in einer Platinschale bis zur Annahme hellgrauer Färbung geglüht, dann in zwei Portionen getheilt. Portion I wurde in verdünnter Salzsäure gelöst, wobei sich unter Aufbrausen durch CO_2 ein starker Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelte (die der glühenden Asche beigemengte Kohle hatte jedenfalls reducierend gewirkt) und von der noch vorhandenen Kohle abfiltrirt; auf Zusatz von NH_3 im Ueberschuß entstand ein schwarzer Niederschlag von Schwefeleisen; dasselbe ward durch ein paar Tropfen $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ gänzlich ausgefällt, dann vom Niederschlage abfiltrirt. Der Niederschlag ward in verdünnter Salzsäure gelöst und mit einigen Tropfen Salpetersäure versetzt, worauf Rhodankalium deutlich *Eisen*

anzeigte. Das Filtrat vom Schwefeleisen ward zur Vertreibung des Ueberschusses von $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ gekocht, dann mit Essigsäure angesäuert und mit Ammoniumoxalat gefällt: der entstehende sehr starke Niederschlag gab die Anwesenheit einer großen Menge von *Calcium* zu erkennen. Von dem Filtrat vom Calciumoxalatniederschlag ward ein Theil mit Ammoniumhydroxyd im Ueberschuß und dann mit Chlorammonium veretzt: durch den entstehenden Niederschlag ward *Magnesium* angezeigt. Der andere Theil des Filtrats ward zur Prüfung von Alkalien mit NH_3 neutralisirt, mit Ammoniumcarbonat veretzt, worauf ein Niederschlag von Magnesiumcarbonat entstand, dann in einer Platinschaale zur Trockne gebracht und leicht geglüht. Der Rückstand wurde mit H_2O ausgezogen, abfiltrirt, das Filtrat eingengt, mit Platinchlorid veretzt, der dicke Niederschlag von *Kaliumplatinchlorid* mit Alkohol ausgewaschen, endlich im alkoholischen Filtrate *Natrium* nachgewiesen. Von Portion II der Asche ward ebenfalls ein Theil in Salzsäure gelöst, dann mit Chlorbaryum veretzt und durch den entstehenden Niederschlag *Schwefelsäure* nachgewiesen, die sich ebenso bereits im wässrigen Auszuge der Lohe *direct* nachweisen läßt. Ein anderer Theil dieser Asche ward in Salpetersäure gelöst, die Hälfte davon mit Silbernitrat veretzt: Niederschlag von *Chlor Silber*; die andere Hälfte der salpeterfauren Lösung gab auf Zusatz von molybdänsaurem Ammonium den bekannten gelben Niederschlag, welcher das Vorhandensein von *Phosphorsäure* anzeigt.

Es waren somit alle Grundstoffe mit Ausnahme des Kohlenstoffs (in geeigneter Form) und des Stickstoffs in dem wässrigen Auszuge der Lohe aufgefunden worden. Um diese beiden wichtigsten Grundstoffe in organischen Verbindungen nachzuweisen, wurde eine neue Portion Lohe mit Wasser ausgezogen und auf dem Wasserbade auf ein kleines Volumen eingedunstet, endlich mit Bleiessig gefällt. Der voluminöse Niederschlag wurde ausgewaschen, in Wasser aufgeschlemmt, durch Schwefelwasserstoff zeretzt, die Lösung vom Schwefelblei abfiltrirt, auf dem Wasserbade eingengt, und über Schwefelsäure bei Lufttemperatur zur Trockne gebracht. Es resultirte eine braune,

amorphe, glasartig durchscheinende, spröde Substanz, welche, mit Natronkalk in einem einseitig geschlossenen Röhrchen erhitzt, Ammoniak entwickelte, also sicher *Stickstoff* enthielt, und jedenfalls zum Theil aus einer peptonartigen Verbindung bestand. Diese Verbindung dürfte für Aethalium nicht bloß eine Quelle für den Stickstoff, sondern auch für Kohlenstoff sein.

Das Filtrat vom Bleieffigniederschlag ward ebenfalls durch Einleiten von Schwefelwasserstoff entbleit; es reducirte FEILING'sche Lösung ein wenig und lieferte beim Eindunsten eine bräunliche Masse, in welcher zahlreiche farblose KrySTALLNadeln zur Ausbildung gelangten; eine bezügliche Prüfung gab einen reichlichen Gehalt an Calcium zu erkennen. Da sich diese Nadeln, sowie ein Theil der übrigen Substanz in siedendem 96 procentigem Alkohol lösten, so vermuthete ich darin Calciumacetat.

Um diese Vermuthung zu entscheiden, ward eine neue Portion von wässrigem Loheextract mit ein wenig Phosphorsäure versetzt der Destillation unterworfen; das Destillat reagirte deutlich sauer, eine Probe davon, mit Silbernitrat gekocht, gab durch eine schwache Reduction eine sehr geringe Menge von Ameisensäure zu erkennen. Der Rest des Destillats ward dann zur Zerstörung dieser Säure bei Zimmertemperatur mit Chamäleon behandelt, der Ueberschuss des Chamäleons durch Indigo zerstört, von Neuem abdestillirt, das wiederum saure Destillat mit Natriumcarbonat gesättigt und auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft. Der Rückstand ward mit concentrirter Schwefelsäure und Alkohol erhitzt und entwickelte dabei einen intensiven Geruch nach Essigäther; jedenfalls ist in dem organischen Kalksalz des wässrigen Loheextractes Essigsäure in beträchtlicher Menge, Ameisensäure nur in Spuren enthalten.

Um auch auf das Vorhandensein von Milchsäure zu prüfen, ward eine grössere Portion Lohe eine Zeitlang mit Wasser gekocht, abgepresst, die Flüssigkeit filtrirt, auf dem Wasserbade eingengt, mit Bleieffig gefällt, das Filtrat vom Bleieffigniederschlag durch Einleiten von Schwefelwasserstoff entbleit, weiter concentrirt, mit etwas Salz-

säure veretzt und nunmehr mit Aether ausgeschüttelt. Von der erhaltenen stark sauren ätherischen Flüssigkeit ward der Aether abdestillirt, der Rückstand solange auf dem Wasserbade digerirt, bis alle flüchtigen Säuren vertrieben waren, dann mit Wasser aufgenommen, filtrirt, die saure wässrige Lösung 1½ Stunde lang mit reinem Zinkoxyd gekocht, wieder abfiltrirt, das Filtrat eingeeengt und in einem Uhrschälchen der Verdunstung überlassen. Es bildeten sich zahlreiche, aus strahlenförmig gruppirten Nadeln gebildete Sphärokrytalle eines organischen Zinksalzes, welches als *Zinklactat* gedeutet werden kann; für eine weitere Untersuchung und sichere Entscheidung der Frage würde man aber sehr große Quantitäten von Lohe verarbeiten müssen. Ausser diesen Sphärokrytallen krystallisirten aus der gleichen Flüssigkeit noch rechteckige Tafeln, die jedenfalls einem anderen organischen Zinksalze zugehören.

Die in der Gerberei bereits ausgenutzte Lohe ward auch auf ihren Aetherextract untersucht. Dieselbe wurde getrocknet und auf die gewöhnliche Weise im TOLLENS'schen Apparate extrahirt, sie lieferte ein durch Chlorophyllreste gelblich grün gefärbtes Extract, in welchem sich beim Erkalten krystallinische Blättchen eines Cholesterins ausschieden, welche mit Chloroform und SO_4H_2 die gleiche Farbenreaction wie Paracholesterin gaben. Bei Zimmertemperatur erstarrte die ganze Masse zu einem festen Kuchen, der wesentlich aus Fetten bestand, und beim Verbrennen auf Platinblech keine Asche hinterließ.

Mit dieser Lohe ward andere in Bezug auf ihren Aetherextract verglichen, die im Winter aus einer Kiste entnommen ward, in welcher den ganzen Sommer hindurch Plasmodien von *Aethalium* cultivirt worden waren; die letzten Reste dieser Plasmodien waren in Sclerotien übergegangen, die leicht aus der benutzten Loheportion entfernt werden konnten. Diese, dunkelbraun gefärbte und durch *Aethalium* an affilimirbaren Substanzen wohl ziemlich erschöpfte Lohe lieferte dem Augenschein nach ebensoviele Aetherextract, wie diejenige, in welcher *Aethalium* noch nicht vegetirt hatte, und der Aetherextract schien

auch die gleiche Zusammenfetzung zu haben, nur war die Färbung schmutziger und weniger grün. Endlich ward auch der Aetherextract aus ganz frischer, ihres Gerbstoffs noch nicht beraubter Lohe entnommen, seine Quantität und Zusammenfetzung unterschied sich ebenfalls nicht merklich von den beiden übrigen Sorten, nur war derselbe tief grün gefärbt und zeigte deutlich eine blutrothe Fluorescenz.

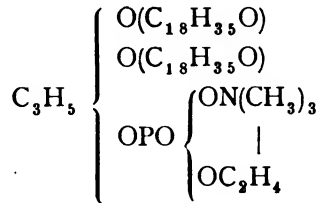
Aus diesen Thatfachen scheint hervorzugehen, daß der Aetherextract der Lohe im Wesentlichen die gleiche Zusammenfetzung hat, wie derjenige von *Aethalium septicum*, zugleich aber auch, daß derselbe von den Plasmodien dieses Schleimpilzes nicht assimiliert wird; denn seine Quantität hatte sich in der alten Lohe nicht merklich vermindert und doch gelingt es schlecht, *Aethalium* darin noch weiter zu cultiviren. Es liefert daher diese Untersuchung des Aetherextractes einen instructiven Beleg für die Thatfache, daß der protoplasmatische Zellinhalt der Lohe die gleichen Bestandtheile enthält und enthalten kann, wie das Protoplasma von *Aethalium*, daß sich aber keinerlei Anlaß zeigt für die Annahme, die in *Aethalium* nachgewiesenen Substanzen seien nichts als Residua von Verbindungen, die von den Plasmodien aus der Lohe aufgenommen wurden. Die Ergebnisse der Untersuchung des Aetherextractes sprechen für weiter nichts, als für eine große Uebereinstimmung in der chemischen Zusammenfetzung des Protoplasma überhaupt, also auch desjenigen von *Aethalium* und von *Quercus*. Die als Nährstoffe für *Aethalium* in Betracht kommenden Bestandtheile der Lohe sind höchst wahrscheinlich nur die in Wasser löslichen, dieselben müssen wenigstens vollkommen hinreichen zur Ernährung dieses Schleimpilzes.

2. Organische Phosphorverbindungen.

a) *Lecithin*.

Unter *Lecithin* versteht man complicirt gebaute Substanzen, welche gewöhnlich aufgefaßt werden als Verbindung eines basischen Körpers, des Cholin (Neurin) mit einer Glycerinphosphorsäure, in

welcher ein oder zwei Wasserstoffatome durch den Rest einer höheren Fettsäure, der Stearin-, Palmitin- oder Oelfäure vertreten sind; auch können Oel- und Palmitinsäure zusammen in das Lecithin-Molecul eintreten. Aus dieser Definition geht hervor, dafs es verschiedene Lecithine giebt und geben kann, dafs dies Wort den Begriff einer kleinen chemischen Gruppe repräsentirt, in welcher z. B. das Stearinlecithin folgende Structurformel besitzen würde*).



Die Lecithine besitzen wahrscheinlich eine sehr allgemeine Verbreitung in den Organismen, in den Pflanzenzellen als Bestandtheile des Protoplasma, im Thierkörper hauptsächlich auf das Nervensystem beschränkt, in der Muskulatur wenigstens nicht sicher nachgewiesen, wohl aber im Protoplasma der Blutkörperchen, von Eizellen, Spermatozoiden. Ob die eine oder andere Art von Lecithin vorliegt, ist physiologisch gewifs von untergeordneter Bedeutung, und dürfte für das in Pflanzenzellen nachweisbare Lecithin wegen der stets geringen Quantität desselben sich nur schwierig feststellen lassen.

Wahrscheinlich ist das Lecithin im Protoplasma von Aethalium vorwiegend im unlöslichen Zustande an die Gerüstsubstanz gebunden.

Es ist leicht löslich in Fetten; es ist aber auch quellbar mit Wasser.

Die Lecithine sind leicht zerfetzlich, sie zerfallen in Cholin und Glycerinphosphorsäure und vermögen bei künstlichen Zersetzungen auch Fettsäuren, z. B. Oelfäure, abzuspalten. Danach ist es wohl möglich, dafs im lebenden Organismus die Oelfäure durch Zersetzung des Lecithins entsteht. Wie aber das Lecithin-Molecul selbst in der progressiven Stoffmetamorphose sich entwickelt, darüber ist nichts bekannt; dafs Lecithine aus Fetten entstehen sollten, hält HOPPE-SEYLER für

*) GORUP-BESANEZ, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 4. Aufl. S. 181.

unwahrscheinlich, weil sehr häufig Lecithine in Organen auftreten, in denen Fette zu keiner Zeit ihrer Entwicklung gefunden werden, z. B. in den rothen Blutkörperchen. Andererseits dürfte es aber auch sehr fraglich erscheinen, ob Lecithin als die einzige Ursprungsstätte der höheren Fett Säuren anzusehen sei, weil dann der Nachweis von Lecithin in allen fettbildenden Geweben, z. B. in sich verfettenden Muskelfasern, gelingen müßte. Die geringe Menge von Lecithin in den Aetherextracten fetthaltiger Pflanzentheile ist allerdings für die Beantwortung dieser Fragen bedeutungslos, denn wenn das Lecithin wirklich gleichsam das Werkzeug der Fettbildung darstellte, so würde eine gesteigerte Fettanhäufung als der Ausdruck einer beschleunigten Zersetzung und Neubildung des in geringer Menge vorhandenen Lecithins gedeutet werden können. Als unmöglich darf auch der Gedanke nicht zurückgewiesen werden, daß Lecithin durch Spaltung eines phosphorhaltigen Eiweißkörpers entstehe, ein Gedanke, für welchen die künstliche Eiweißzerfetzung bislang allerdings keinen Anhalt gewährt, der aber, wenn er sich bestätigen sollte, uns die Eiweißkörper noch complicirter erscheinen lassen würde, als wir bisher glaubten. Wenn aber Lecithin nicht durch Zerfetzung von Eiweiß entsteht, dann würde es unzweifelhaft als das Endproduct einer besonderen Reihe der constructiven Stoffmetamorphose anzusehen sein, welche parallel neben der Bildung der Eiweißkörper herläuft, wobei allerdings nicht ausgeschlossen, sondern sogar wahrscheinlich ist, daß ein Zerfallproduct von Eiweiß den Anfang des sich bildenden Lecithin-Molecöls darstellt.

Ueber die physiologische Bedeutung des Lecithins im Organismus wissen wir Nichts, sein reichliches Vorkommen im thierischen Nervenapparat und sein verbreitetes Auftreten im Protoplasma niederer Organismen und pathologischer Neubildungen giebt Anregung zu der Frage, ob das Lecithin nicht mit den als Irritabilität und Sensibilität bezeichneten Eigenschaften der lebenden Materie im Zusammenhange stehe.

b) *Nuclein*.

Empirische Formel $C_{21}H_{18}N_2P_3O_{21}$ (?).

Das Nuclein ist eine noch in mehrfacher Hinsicht etwas fragwürdige Substanz, die jedenfalls sehr schwierig rein zu erhalten ist, und deren Nachweis sich hauptsächlich auf seine Löslichkeit in verdünnten Alkalien und Unlöslichkeit in verdünnter Salzsäure gründet. Dadurch ist das Lecithin von den Eiweißstoffen wenigstens theilweise zu trennen; auch wird es von Verdauungsflüssigkeit nicht angegriffen*).

Obwohl das Nuclein nicht mit völliger Sicherheit, die nur durch die Elementaranalyse gewährt werden kann, im Protoplasma von *Aethalium* nachgewiesen wurde, so mag es hier doch Erwähnung finden, da es wahrscheinlich zu den allgemeiner verbreiteten Substanzen der Organismen gehört**), Dafür jedoch, daß das Nuclein nur ein spezifischer Bestandtheil der Zellkerne sei, ist ein entscheidender Beweis bis jetzt keineswegs erbracht worden***).

Ueber die Entstehung, Zersetzung und physiologische Bedeutung des Nucleins in dem Protoplasma oder in den Zellkernen ist nichts bekannt. Vielleicht steht das Nuclein in Beziehung zur Bildung des Lecithins.

3. Eiweißstoffe und Fermente.

Wir wollen in der folgenden Betrachtung den Begriff der Eiweißstoffe in seinem weitesten Sinne fassen, indem wir dahin einmal diejenigen in *Aethalium* nachgewiesenen Verbindungen rechnen, welche Jedermann Eiweißkörper nennen würde, sodann das Plastin, welches durch seinen geringeren Procentgehalt an Stickstoff abweicht und daher vielleicht die soeben behandelten organischen Phosphorverbindungen

*) MALY, Chemie der Verdauungssäfte und der Verdauung. S. 105.

**) O. LOEW ist geneigt, das von HOPPE-SEYLER für die Hefezellen angegebene Nuclein als eine Albumin-Phosphorsäure aufzufassen, (vgl. PFLÜGER's Archiv 1880, Bd. 22 S. 67).

***) Die neuerdings von ZACHARIAS (Bot. Zeit. 1881 Nr. 11) mitgetheilte Thatfache, daß die tingirbare Substanz vegetabilischer Zellkerne von Verdauungsflüssigkeit nicht angegriffen wird, macht es allerdings wahrscheinlich, daß dieselbe aus Nuclein besteht.

mit den eigentlichen Eiweißstoffen in Verbindung bringt und endlich die in *Aethalium* beobachteten Peptone.

Man hat die Eiweißstoffe im Protoplasma stets als die eigentlichen Träger der Lebensverrichtungen angesehen, man hat die Anschauung freilich mehr aus dogmatischem Vorurtheil, als aus einer auf beweisende Versuche sich stützenden Erfahrung geschöpft. Die Eiweißstoffe sind ihrer chemischen Constitution nach noch unaufgeklärt, das machte sie besonders geeignet, jenen räthselhaften Processen ausschließlich als Unterlage zu dienen, die wir als Leben zusammenzufassen gewohnt sind. Dafs freilich Eiweißstoffe allein ausreichen sollten, um lebendiges Protoplasma zu bilden, dürfte eine nicht mehr haltbare Vorstellung sein, dagegen unterliegt es keinem Zweifel, dafs, wo immer Leben zu Stande kommen soll, auch Eiweißstoffe dabei mitwirken müssen, und mancherlei Thatfachen machen es nicht unwahrscheinlich, dafs grade diesen Verbindungen durch die Complicirtheit ihrer Molecüle die hervorragendste Rolle unter den Lebensträgern im Protoplasma zufällt. Unzweifelhaft aber erheischen jene Stoffbewegungen, die das Leben ausmachen, auch die Mitwirkung anderer Substanzen als der Eiweißstoffe in jenem feingefügten Mechanismus, den wir Protoplasma nennen, auch scheint häufig in lebensthätigen Zellen die Quantität an Eiweißstoffen beträchtlich geringer zu sein, als man bisher meist angenommen hat; will man das Plastrin und die Peptone von den Eiweißkörpern ausschliessen, so würden in der Trockensubstanz des Protoplasma von *Aethalium* kaum mehr als 6 pCt. Eiweißstoffe vorhanden sein.

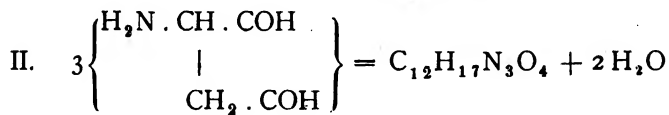
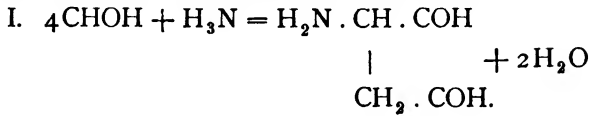
Immerhin müssen wir die Eiweißkörper als eigentlich constituirende Bestandtheile des Protoplasma ansehen, sie bilden den Gipfel, das Endglied in der Hauptreihe der progressiven Stoffmetamorphose, denn ihre Molecüle sind unzweifelhaft die grössten und an potentieller Energie reichsten, welche im Protoplasma vorkommen. Daher dürfen wir auch bei allen anderen im Protoplasma gefundenen Substanzen die Frage aufwerfen, ob dieselben etwa als Spaltungsproducte von Eiweißkörpern gedeutet werden können.

Leider besitzen wir über die Constitution eines Eiweißmolecüs, wie schon angedeutet wurde, nur Speculationen und Hypothesen. Immerhin sind auch solche speculativen Erörterungen als keineswegs werthlos anzuerkennen, denn man kann die Lösung eines Problems dadurch allerdings vorbereiten helfen, daß man dasselbe bespricht. Als thatsächlich darf es wohl angesehen werden, daß in den Eiweißstoffen vertretbare Wasserstoffatome vorhanden sind, die ihren Platz den Atomen des Kaliums und Natriums, wahrscheinlich auch des Magnesiums und Calciums einzuräumen vermögen, wodurch die Eiweißstoffe zu sogenannten *Albuminaten* werden; neuerdings ist es auch gelungen, in Eiweißmolecülen mehrere H durch Br zu ersetzen*). Unter den physiologischen Chemikern scheint gegenwärtig die Vorstellung am meisten verbreitet zu sein, daß im Eiweißmolecül wenigstens ein Kohlenhydrat, mehrere Amidgruppen und wahrscheinlich auch Fettsäureradicalc sowie eine aromatische Gruppe enthalten sind; der Anfang der regressiven Stoffmetamorphose besteht dann in einem Zerfall der Eiweißmolecüle in diese hauptsächlichsten Componenten. Eine wesentlich andere Vorstellung über die Constitution eines Eiweißkörpers ist kürzlich durch OSCAR LOEW**) entwickelt worden. LOEW sieht die Eiweißstoffe ebenso wie den Zucker als das Condensationsproduct eines relativ einfachen Körpers an und meint, die bei ihrer Spaltung freiwerdenden Amide und Amidosäuren seien nicht ursprüngliche Constituenten der Proteinstoffe, sondern müßten als das Resultat beträchtlicher Atomverschiebungen angesehen werden. Für die primäre einfache Atomgruppe, welche zur Eiweißbildung dient, hält LOEW den *Formaldehyd* CHOH , der z. B. aus der Essigsäure durch Oxydation gebildet werden könne. Vier Gruppen CHOH müssen dann mit einer Gruppe NH_2 zusammentreten, um einen Körper zu bilden, aus welchem durch weitere Condensation Eiweiß zu entstehen vermag;

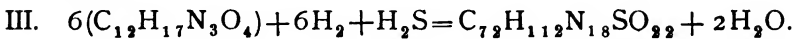
*) Vgl. KNOP, chem. Centralblatt, S. 571. 1879.

**) O. LOEW, Eine Hypothese über die Bildung des Albumins, PFLÜGER'S Archiv, XXII, S. 503.

dieser Körper läßt sich als das Aldehyd der Asparaginsäure betrachten nach den drei folgenden Gleichungen:



endlich



Der auf der rechten Seite von Gleichung III stehende Ausdruck könnte als einfachste Form eines Eiweissstoffes angesehen werden, etwa eines Peptons, aus welchem dann durch Polymerisirung sich Albuminatome aufzubauen vermöchten.

So elegant unzweifelhaft die Entwicklung LOEW's sich darstellt, so ist doch nicht zu leugnen, daß die große Mannigfaltigkeit der Zeretzungsproducte, die man bei der Behandlung eines Eiweisskörpers mit Baryumhydroxyd, oder mit Säuren, oder bei der Fäulnis erhält, die Annahme so zahlreicher und complicirter Atomverschiebungen nothwendig machen würden, daß ich für meine Person nicht umhin kann, noch an der älteren Auffassung festzuhalten. Namentlich bestimmt mich hierzu das constante Auftreten von Tyrosin bei allen künstlichen Eiweisszeretzungen, und möchte ich glauben, daß die in dieser Verbindung enthaltene Benzolgruppe zu den im Eiweissmolecul präformirt enthaltenen gehöre.

Ist dies der Fall, so würden die Eiweisskörper in gewissem Sinne der aromatischen Reihe zugerechnet werden müssen, wenn auch die im Molecul enthaltenen aromatischen Gruppen der Quantität nach weit gegen die übrigen Gruppen zurücktreten. Man könnte sich vorstellen, daß dem Eiweissmolecul ein der Substanzmenge nach dünnes Gerüst von Benzolkernen zu Grunde liegt, die man sich etwa wie im Anthracen und Phenanthren mit einander verankert denken kann, und daß an deren freie Affinitäten sich complicirte stickstoffhaltige

und stickstofffreie Atomgruppen anhängen, um bei der Zersetzung eines solchen Molecüls sich abzuspalten; bei einer tiefer gehenden Zersetzung würden dann auch einzelne Benzolkerne mit losgerissen, die uns im Tyrosin und vielleicht in den Harzen der Pflanzenzellen entgegentreten. Weit entfernt aber, in diesem Gedanken eine wissenschaftliche Hypothese über die Constitution der Eiweißkörper aufstellen zu wollen, habe ich nur anzudeuten versucht, daß auf diesem Gebiete einer unbegrenzten Speculation die Thüren geöffnet sind.

Was ferner die Classification der verschiedenen in Pflanzen vorkommenden Eiweißstoffe anlangt, so besitzen wir zwei systematische Eintheilungen, welche Beachtung verdienen, die eine ist von RITTHAUSEN*), die andere von HOPPE-SEYLER**) aufgestellt. Die Eintheilung von HOPPE-SEYLER besitzt vor derjenigen RITTHAUSEN's den unleugbaren Vorzug, daß sie gleichzeitig die Eiweißstoffe des thierischen und des Pflanzenkörpers berücksichtigt, während RITTHAUSEN sich einseitig auf die aus Pflanzentheilen gewonnenen Eiweißkörper beschränkt; aber gerade die Physiologie des Protoplasma deutet darauf hin, daß in lebenthätigen thierischen und vegetabilischen Zellen voraussichtlich auch die gleichen oder analog gebildete Eiweißstoffe enthalten sind. Weiterhin fällt bei der zwischen RITTHAUSEN und HOPPE-SEYLER bestehenden Differenz zu Gunsten des letzteren Forschers der Umstand ins Gewicht, daß sich derselbe indifferentere Extractionsmittel gerade für die wichtigsten Eiweißstoffe bedient, und daß es WEYL gelungen ist, diese Stoffe weiter zu zerlegen (Vitellin und Myosin) als RITTHAUSEN (Conglutin), wenn auch der letztere den Nachweis geführt hat***), daß die mit Alkalimetall-Chloriden extrahirten Eiweißstoffe nicht wesentlich verschieden sind von denjenigen, welche man durch die Hydrate derselben Metalle auszieht; im letzteren Falle treten die Eiweißkörper wie Säuren an

*) Vgl. z. B. SACHSSE, die Eiweißkörper, Kohlenhydrate und Farbstoffe. S. 265 ff.

**) HOPPE-SEYLER, Handbuch der physiol. chem. Analyse, S. 229 und WEYL, Beiträge zur Kenntnis thierischer und pflanzlicher Eiweißkörper in Zeitschr. für physiol. Chemie, Band I, S. 72.

***) Vgl. RITTHAUSEN in PFLÜGGER'S Archiv XXI, S. 81 ff.

das Metall und lassen sich unzerfetzt wieder abscheiden. Zu einem ähnlichen Ergebnis war bereits früher BARBIERI*) gelangt.

Endlich sei noch des üblichen Verfahrens zur quantitativen Bestimmung der Eiweißstoffe in Pflanzen gedacht. Früher legte man hierbei einfach die durch Elementaranalyse in der Trockensubstanz gefundene Stickstoffmenge zu Grunde, und weil im Albumin 16 pCt. Stickstoff enthalten sind, so multiplicirte man den gefundenen Stickstoff mit dem Factor 6,25 und glaubte in dem Product den Gehalt an Eiweißstoffen ermittelt zu haben. Neuerdings ist man insofern vorsichtiger geworden, als man sich bemüht, eine Reihe N haltiger löslicher Verbindungen (Amide u. f. w.) von diesem Multiplications exempel auszuschließen. Ferner hat RITTHAUSEN nachgewiesen, daß ein in Pflanzen offenbar sehr verbreiteter Eiweißstoff, das Conglutin, (welches nach RITTHAUSEN mit dem Pflanzen-Vitellin von HOPPE-SEYLER und WEYL identisch ist) 18 pCt. Stickstoff enthält, und daß man den durch Verbrennung bestimmten Stickstoff daher mit 5,5 multipliciren müsse, um ihn auf Conglutin zu berechnen. RITTHAUSEN schlägt deshalb vor, bei Durchschnittsbestimmungen den Factor 6,25 durch 6,0 zu ersetzen**). Wenn nun aber gar im Plastin, welches weitaus den größten Theil der Eiweißstoffe im Protoplasma von *Aethalium* ausmacht, nur 12 pCt. Stickstoff enthalten sind — und selbst wenn durch weitere Untersuchungen ein noch reineres Plastinpräparat hergestellt werden sollte, als es bis jetzt erhalten worden ist, so würde doch der Stickstoffgehalt schwerlich bedeutend höher ausfallen, — verliert jenes Verfahren, mit einem Durchschnittscoefficienten zu multipliciren, eigentlich jede Bedeutung. Um eine auch nur angenäherte Bestimmung der Eiweißstoffe ausführen zu können, wird man dieselben nach ihren Löslichkeitsverhältnissen trennen und alsdann jeden einzeln bestimmen müssen.

Es schien mir nicht unzweckmäßig, diese allgemeinen Bemerkungen über Eiweißstoffe voranzuschicken, weil man in den chemi-

*) Journal f. prakt. Chemie 1879. S. 102.

**) Vgl. RITTHAUSEN in PFLÜGER'S Archiv I. c, S. 103.

schen Lehrbüchern sich über die angedeuteten Punkte meistens vergeblich zu orientiren sucht.

a) *Die Globuline.*

Nachdem zuerst WEYL die Methode HOPPE-SEYLER'S zur Untersuchung der Eiweißkörper im Pflanzenfamen angewandt hatte, sind neuerdings ausgedehntere Untersuchungen über die Eiweißkörper in den Proteinkörnern der Samen durch VINES*) ausgeführt worden, welcher zu dem gleichen Resultat, wie WEYL, gelangte, daß nämlich Globuline in den Saamen neben einem unlöslichen Eiweißkörper enthalten sind. WEYL unterschied diese Globulinsubstanzen nach ihrem Verhalten gegen concentrirte Chlornatriumlösung in *Pflanzen-Myosin* und *Pflanzen-Vitellin*. Gewiss sind alle bisherigen Unterscheidungen von Eiweißstoffen nur als provisorische anzusehen, vermuthlich werden die jetzt als Speciesnamen verwandten Ausdrücke Myosin, Vitellin u. f. w. später einmal zu Gattungsnamen avanciren, wie es ja auch mit Zucker, Dextrin u. a. geschehen ist. Für den physiologischen Standpunkt besitzen weitere Unterscheidungen vor der Hand nur untergeordnetes Interesse, wenn auch auf die angedeutete Thatfache durch den Umstand hingewiesen wird, daß in verschiedenen Pflanzen die Producte des normalen Eiweißzerfalls in einem quantitativ verschiedenen Verhältniß zu einander stehen. Wir wollen daher für die im Protoplasma von *Aethalium* gefundenen Globuline die Bezeichnungen Vitellin und Myosin von dem soeben bezeichneten Gesichtspunkte aus zur Anwendung bringen.

Von dem Globulingemenge in *Aethalium* macht nach meiner Schätzung das Vitellin etwa 0,9, das Myosin 0,1 Theil aus. Beide sind im Enchylema vollständig gelöst, denn nach dem Auspressen desselben lassen sich aus der Gerüstsubstanz durch 10 procentige Kochsalzlösung keine Globuline mehr extrahiren. Als Lösungsmittel im Enchylema kommt jedenfalls das darin enthaltene Chlornatrium in

*) VINES, On the Proteid substances contained in the seeds of plants. The Journal of Physiology. Vol. III, No. 2.

Betracht, wahrscheinlich aber auch noch andere Substanzen. Wegen ihrer Löslichkeit liegt die Annahme nahe, daß die Globuline derjenige Theil der Eiweißstoffe im Prototoplasma sind, welche in der regressiven Stoffmetamorphose, z. B. beim Athmungsproceß, eine Zerstörung erfahren, doch bedarf es in dieser Richtung eingehender Untersuchungen.

Ebenso ist es von Wichtigkeit, festzustellen, ob die beiden in *Aethalium* nachgewiesenen Globuline in jedem lebensthätigen Protoplasma enthalten sind, ich für meine Person möchte daran nicht zweifeln.

b) Pepton.

Auch das in neuerer Zeit immermehr als Bestandtheil jeder lebensthätigen Pflanzenzelle nachgewiesene Pepton bedeutet sicher einen Gattungsbegriff. Da die Peptone durch Zertrümmerung von Eiweißmoleculen entstehen und durch Aggregation sich wieder zu Eiweißmoleculen aneinanderfügen können, so ist schon anzunehmen, daß verschiedenen Eiweißarten verschiedene Peptone entsprechen; auch hat man ja nach ihrem Verhalten bereits mehrere Peptone unterschieden. In Bezug auf *Aethalium* möge der Begriff Pepton auch im weitesten Sinne gefaßt werden und eine Verbindung, beziehungsweise eine Gruppe von Verbindungen bezeichnen, welche von den Eiweißkörpern im engeren Sinne sich nur durch ihre Nichtgerinnbarkeit und Nichtfällbarkeit beim Kochen unterscheiden*), außerdem ziemlich leicht durch Pergamentpapier diffundiren.

Das im vegetabilischen Protoplasma enthaltene Pepton wird man nach dem gegenwärtigen Stande unserer Anschauungen bereits als das erste Glied in der regressiven Metamorphose der Eiweißkörper ansehen können.

c) Pflastin.

In der Gerüstsubstanz des Protoplasma erstirt nach dem Aus-

*) Vgl. hierzu MALY, Chemie der Verdauungssäfte und der Verdauung in HERMANN'S Handbuch der Physiologie. V. 1. S. 102. 1880.

pressen des Enchylema nebst den darin gelösten Globulinen noch ein Eiweißstoff, der sich als unlöslich sowohl in sehr verdünnten Alkalien und Säuren als auch in einer 10 procentigen Lösung von Chlornatrium erweist. Reinigt man diese Substanz von anderweitigen Beimengungen in der gleichen Weise, wie RITTHAUSEN seine Eiweißpräparate gereinigt hat, so bleibt nach dem Trocknen eine bräunliche, amorphe Masse übrig, die beim Zerreiben im Mörser ein lehmfarbenes Pulver liefert. Dieser Eiweißstoff ist im Protoplasma von *Aethalium* sicher nicht im gelösten Zustande, sondern als unlösliche plastische Substanz vorhanden, und da auf einen solchen Eiweißstoff, der aus dem in Zellwände eingeschlossenen Protoplasma höherer Pflanzen allerdings schwierig zu isoliren fein wurde, der Begriff keiner der bisher unterschiedenen Eiweißarten genau paßt, so habe ich denselben als *Plastin* bezeichnet. Im System von HOPPE-SEYLER stellen die Fibrine unlösliche Eiweißstoffe dar; an sie würde daher in dieser Hinsicht das Plastin zunächst anzuschließen sein. Allein das bisher gewonnene Präparat des Plastin weicht von anderen Eiweißstoffen durch nur 12 pCt. Stickstoff und durch einen Gehalt an Phosphor ab. Die weitere Untersuchung wird zu entscheiden haben, ob dieser Phosphor (das Plastin war beinahe aschenfrei) auf eine Verunreinigung durch Nuclein zurückgeführt werden kann, oder ob, was mir das Wahrscheinlichere ist, das Plastin eine Verbindung eines Eiweißstoffes mit Phosphor vorstellt.

Der Quantität nach überwiegt das Plastin alle übrigen verbrennlichen Bestandtheile im Protoplasma von *Aethalium septicum*; ich möchte kaum daran zweifeln, daß dasselbe auch im Protoplasma höherer Pflanzen einen hervorragenden und allgemein verbreiteten, constituirenden Bestandtheil ausmacht, und hoffe, darüber bald weitere Aufschlüsse geben zu können. Wahrscheinlich werden auch weitere Untersuchungen herausstellen, daß das Plastin der wichtigste Bestandtheil des Protoplasma ist; ich zweifle nicht daran, daß in *Aethalium* das Plastin der Träger der Contractilitätsvorgänge ist, vielleicht auch Träger der Reizbarkeit, somit Functionen versieht, die im höheren

Thierkörper an Muskeln und Nerven geknüpft sind. Denn eine Flüssigkeit, wie das Enchylema, kann nicht contractil sein, und die übrigen Stoffe der Gerüstsubstanz, wie feste Fettsäuren, Lecithin, Cholesterin, Harz u. f. w. dürfte schwerlich Jemand für contractil erklären wollen. Ich glaube aber auch, daß das Plastin sich nicht ganz unzersetzt aus dem lebenden Protoplasma abscheiden läßt, denn schon bei Behandlung mit kalter einprocentiger Salzsäure nimmt es eine dunklere Färbung an, welche sich auch nach dem vollständigen Auswaschen mit Wasser Alkohol und Aether nicht wieder verliert. Solche Färbung ist aber meistens für die Bestandtheile der Pflanzenzellen die Andeutung einer Oxydation, es scheint hiernach das Plastin sehr leicht eine Verbindung mit Sauerstoff einzugehen.

Zur Rechtfertigung des Namens sei noch bemerkt, daß derselbe die plastisch weiche Beschaffenheit der Substanz ausdrücken und zugleich an das Protoplasma erinnern soll. Bei dieser Gelegenheit mag darauf hingewiesen sein, daß bereits früher durch HANSTEIN der von ihm als Bildner des Protoplasma hypothetisch angenommene Eiweißstoff mit dem Namen *Protoplastin* belegt worden ist. Ich würde auch diesen Namen ganz gerne benutzt haben, wenn nicht nach den vorliegenden Äußerungen HANSTEIN'S sein Protoplastin begrifflich etwas wesentlich anderes bedeutete, als das Plastin. Die bezüglichen Äußerungen HANSTEIN'S sind bereits oben (S. 89) mitgetheilt worden und mögen dort nachgesehen werden.

d) *Pepsin*.

Nachdem ein peptisches Ferment (Enzym) durch GORUP-BESANEZ auch im Pflanzenreiche aufgefunden war, verdient der von KRUKENBERG*) erbrachte Nachweis desselben im Protoplasma von *Aethalium* besonderes Interesse.

Die Untersuchungen KRUKENBERG'S ergaben, daß das mit Glycerin extrahirte Ferment an sich kein Fibrin zu peptonisiren vermochte,

*) KRUKENBERG, Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. f. w. Unterf. a. d. Physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg 1878. II. S. 273.

wohl aber in Verbindung mit ganz verdünnten Säuren, wie Salzsäure, Milchsäure, Essigsäure, Weinsäure, Oxalsäure, (0,5 pCt.), Salicylsäure; eine stärkere Oxalsäure wirkte dagegen zerstörend auf das Ferment. Ebenso macht eine zweistündige Erwärmung auf 65° das Aethalium-Pepsin unwirksam.

Da nur in saurer Lösung das Aethalium-Pepsin Eiweißstoffe zu peptonisiren vermag, so ist die Function desselben in dem stets alkalisch reagirenden Protoplasma vollständig dunkel.

Auch in chemischer Hinsicht ist über das Pepsin noch wenig auszusagen. Bekanntlich stehen sich in der physiologischen Chemie zwei Anschauungen gegenüber, von denen die eine das Pepsin, wie andere Fermente, für ein selbständiges chemisches Individuum hält, während die andere dasselbe nur als den Ausdruck, gleichsam die Personification, gewisser mechanisch-chemischer Wirkungen einzelner, auf besondere Art schwingender Atomgruppen in Eiweißmoleculen glaubt auffassen zu sollen. Rein ist ja das Pepsin bislang nicht dargestellt worden; es ist nur der Ausdruck für ein *Etwas*, das man als Ursache wichtiger . . . Wirkungen betrachtet. (MALY).

4. Farbstoffe.

Der gelbe nicht krystallinisch erhaltene Farbstoff ist chemisch bis jetzt nicht untersucht worden, obgleich man ihn wohl auf ähnliche Weise, wie es in neuerer Zeit mit dem Chlorophyll geschehen ist, ziemlich rein würde gewinnen können. Ebenso wenig wurde auf die Entstehungsweise des in den Sporen enthaltenen dunkelvioletten Farbstoffes eingegangen, der aus einem in Wasser löslichen, ursprünglich farblosen Chromogen hervorzugehen scheint.

5. Stickstoffhaltige Spaltungsprodukte der Eiweisskörper.

Wenn wir in den Eiweisskörpern die wichtigsten Endglieder der progressiven Stoffmetamorphose des thierischen und pflanzlichen Protoplasma zu sehen glauben, so werden eine Reihe von stickstoffhaltigen Verbindungen des Thier- und Pflanzenkörpers als Producte des Zer-

falls der Eiweißstoffe in der regressiven Metamorphose betrachtet. Die Veranlassung zu dieser Auffassung wird theils dadurch geboten, daß man manche dieser Substanzen bei der künstlichen Zersetzung der Eiweißstoffe entstehen sieht, theils dadurch, daß dieselben oder andere im Organismus gebildet werden, während gleichzeitig der Bestand an Eiweißstoffen sich verringert. Man liebt es, diese Verbindungen in einer Reihe zu ordnen, in welcher sie nach der Größe des Moleculargewichts auf einander folgen, wobei man annimmt, daß die Verbindungen mit geringstem Moleculargewicht und geringstem Kohlenstoffgehalt die Endglieder dieser Reihe der regressiven Stoffmetamorphose seien.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß in der vorliegenden Untersuchung wegen des zu geringen und nicht günstigen Materials uns einige hierher gehörige Verbindungen entgangen sind, die vielleicht immer normal im Protoplasma, wenn auch nur in geringer Menge und vorübergehend gebildet werden; es gilt dies in erster Reihe vom Tyrosin, vielleicht auch vom Leucin. Von physiologischer Wichtigkeit ist aber die Thatfache, daß eine ganze Anzahl hierher gehöriger Substanzen im Protoplasma von *Aethalium* nachgewiesen werden konnte. Vielleicht muß schon das Pepton als ein solches, im Laufe des normalen Vegetationsprocesses aus dem Vitellin entstandenes Spaltungsproduct betrachtet werden, dasselbe steht jedoch in seinen Eigenschaften den echten Eiweißkörpern noch so nahe, daß wir es im Zusammenhang mit diesen abgehandelt haben. Als ein muthmaßliches Product tiefer gehender Zersetzung der ursprünglich als Vitellin vorhandenen Substanz müssen wir denjenigen Körper betrachten, den wir oben (S. 31) als

a) Peptonoide Substanz

unterschieden haben. Diese Substanz, welche nicht von anderen Beimengungen völlig isolirt erhalten werden konnte, von welcher es auch dahin gestellt sein mag, ob sie ein chemisches Individuum oder ein Gemenge von einander nahe stehenden Verbindungen ausmacht,

characterisirt sich durch ihr Diffusionsvermögen, durch ihre Löslichkeit in Alkohol, ihre Nichtfällbarkeit durch Bleieffig. Sie ist ferner ausgezeichnet durch einen eigenthümlichen Geruch und Geschmack, der ebenso sehr an frische Brodrinde wie an LIEBIG'schen Fleischextract erinnert. Es dürfte kaum zweifelhaft sein, daß eben diese Substanz einen nicht unbeträchtlichen Bestandtheil des Fleischextractes bildet, daß sie aber auch im Extracte jedes frischen Pflanzentheiles enthalten ist. So besitzt der aus manchen Pilzen, z. B. *Boletus edulis*, gewonnene wäßrige, mit Bleieffig ausgefällte und dann eingedickte Extract beinahe ganz den Geschmack des Fleischextractes. Auch E. SCHULZE*) bemerkt, daß er bei der Verarbeitung des alkoholischen Extractes aus Lupinenkeimlingen nach dem AuskrySTALLISIREN der Amidosäuren eine braune, dickflüssige Mutterlauge übrig behalten habe, welche reich an Stickstoff war und den Geruch des Fleischextractes besaß. Eine andere Frage aber ist es, ob dieses Peptonoid im Protoplasma der lebenden Zelle präformirt enthalten ist, oder ob es erst durch den Proceß des Siedens und Eindampfens aus anderen Substanzen entsteht, vielleicht unter Aufnahme von Sauerstoff. Unter Hinweis auf diesen Umstand möge das Peptonoid einem eingehenderen physiologisch-chemischen Studium empfohlen sein.

b) Verbindungen der Sarkingruppe.

Guanin	$C_5H_5N_5O$
Sarkin (Hypoxanthin) . .	$C_5H_4N_4O$
Xanthin	$C_5H_4N_4O_2$

Diese Verbindungen, welche bis vor Kurzem nur als interessante und wahrscheinlich wichtige Glieder der regressiven Stoffmetamorphose des Thierkörpers galten, haben, seitdem sie durch SCHÜTZENBERGER in der Hefe entdeckt wurden, auch für die Pflanzenphysiologie ein hohes Interesse gewonnen. Es bleibt eine wichtige Aufgabe der vergleichenden physiologischen Chemie, festzustellen ob ihre Verbreitung

*) E. SCHULZE, Ueber den Eiweißumsatz im Pflanzenorganismus. Landw. Jahrb. 1880. S. 696.

im Pflanzenreich eine allgemeine ist, oder ob sie, wofür einige eigene Beobachtungen zu sprechen scheinen, nicht in jeder Pflanze gebildet werden*).

In physiologischer Hinsicht können die drei hierher gehörigen, im Protoplasma von *Aethalium* nachgewiesenen Verbindungen vorläufig einander gleich gesetzt werden. Ueber die Formen und den Zustand, in welchem sie im lebenden Protoplasma enthalten sind, ist bislang nichts sicheres ermittelt worden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie ganz oder theilweise im alkalisch reagirenden Enchylema gelöst sind, es ist aber auch nicht undenkbar, daß sie theilweise wenigstens im festen Zustand an der Gerüstsubstanz haften, vielleicht als Kalkverbindungen, wie auch KÜHNE und SEWALL**) in zahlreichen Organen von Fischen Guaninkalk abgelagert gefunden haben.

Was ihre Abstammung anbelangt, so kann man sich vorstellen, daß das Sarkin aus dem Guanin, das Xanthin aus dem Sarkin entstehe; das Guanin selbst und damit indirekt auch die beiden anderen Glieder sind aber als Zerfallprodukte des Peptons und weiterhin der Eiweißkörper anzusehen, indem durch SALOMON***) die Bildung von Xanthin und Sarkin aus Eiweiß direct nachgewiesen worden ist. Vielleicht vertreten sie in physiologischer Hinsicht die im Körper der höheren Thiere so reichlich erzeugte Harnsäure, welche im Protoplasma von *Aethalium* nicht gefunden werden konnte.

Eine excrementielle Bedeutung werden aber die Sarkinkörper für das Protoplasma von *Aethalium* schwerlich besitzen, da sie sonst in größerer Menge sich anhäufen müßten; es ist kaum zweifelhaft, daß sie intermediäre Glieder der regressiven Reihe sind, die theilweise eine weitere Zerstörung erleiden, theilweise auch in die progressive Stoff-

*) Wie Herr Dr. O. LOEW mir brieflich mittheilt, hat derselbe Pepton, Sarkin und Xanthin auch in *Penicillium glaucum* gefunden, während Leucin und Tyrosin in diesem Schimmelpilz nicht nachzuweisen waren. Das *Penicillium* war theils auf einer mit einprocentiger Weinsäure angesäuerten Mischung von Zucker und Ammoniumtartrat, theils auf einer Mischung von Pepton und Weinsäure gezogen worden

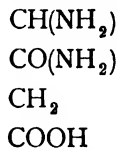
**) KÜHNE und SEWALL, zur Physiologie des Sehepithels, insbesondere der Fische. Unterf. d. phys. Inst. Heidelb. III. s. 4.

***) Zeitschr. f. physiol. Chemie. II. S. 90.

bewegung hineingezogen werden und eine Ergänzung zu Eiweißkörpern erfahren können. Hierfür spricht namentlich eine Untersuchung von DEMANT*), welcher fand, daß in den Brustmuskeln von Tauben, welche sich unter normalen Ernährungsbedingungen befinden, Xanthin und Sarkin vollständig fehlen, während diese Substanzen in den Brustmuskeln hungernder Tauben in reichlicher Menge auftreten; hier häufen sie sich an, weil durch die Inanition der Stoffwechsel sehr verlangsam wird und die Ergänzung eines Theils der Sarkinkörper zu Eiweißstoffen unterbleibt.

c) *Säureamide.*

Asparagin = Amidobernsteinsäureamid



Glutamin = Amidobrenzweinsäureamid. Nach SCHULZE wahrscheinlich



Diese beiden Amide scheinen eine allgemeine Verbreitung im Pflanzenreiche zu besitzen und haben daher seit einer Reihe von Jahren die Aufmerksamkeit der Pflanzenphysiologen erregt. Nachdem PFEFFER**) den Nachweis geführt, daß bei der Keimung der Leguminosen Asparagin aus Eiweißstoffen entsteht, um später wieder zu verschwinden und sich unter Hinzutritt von Kohlehydraten wieder zu Eiweiß zu ergänzen, nachdem ferner BORODIN***) die allgemeine Verbreitung des Asparagins im Bereiche der Blütenpflanzen nachgewiesen hatte, sind es insbesondere die meisterhaften Arbeiten von ERNST SCHULZE†), welche uns nicht nur eingehenderen Aufschluß über das

*) Zeitschr. f. physiol. Chemie. III. S. 381 ff.

**) Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 8. 1872.

***) Bot. Zeit. 1878. S. 802.

†) Landw. Jahrb. 1880, S. 689, wo auch die früheren Arbeiten dieses Autors sich aufgezählt finden.

Vorkommen, die Bildung und Umbildung des Asparagins in der Pflanze gewährten, sondern welche auch in dem Glutamin ein wahrscheinlich ebenso verbreitetes Glied der regressiven Stoffmetamorphose kennen lehrten, das in der Regel in Gemeinschaft mit dem Asparagin auftritt, wobei das Verhältniß der in einer Pflanze entstehenden Menge von Glutamin und Asparagin sich als wechselnd zu erkennen giebt. Es ist SCHULZE bis jetzt nicht gelungen, das Glutamin als solches zu isoliren, nur indirekt läßt sich diese Substanz nachweisen, indem man sie durch Behandlung mit Mineralsäuren in Glutaminsäure überführt. Die Thatfachen sprechen jedoch dafür, daß Asparaginsäure und Glutaminsäure als solche in der Pflanze nicht vorkommen, daß ihre Amide aber constituirende Atomgruppen im Molecül der Eiweißstoffe bilden und beim Zerfall der letzteren als Ganzes frei werden.

Während jedoch bisher diese beiden Amide nur im Bereich der Blütenpflanzen nachgewiesen waren, ist nunmehr das Vorkommen des Asparagins auch für das Protoplasma von *Aethalium* vollkommen sicher gestellt, das Vorkommen von Glutamin darin in hohem Grade wahrscheinlich gemacht. Auch bei *Aethalium* haben wir Asparagin und Glutamin unzweifelhaft als Zerfallprodukte der Eiweißstoffe und Peptone anzusehen, die sich, vielleicht durch Hinzutritt von Glycogen oder Zucker wieder zu Eiweißstoffen ergänzen können. In Bezug auf das Asparagin ist aber die bemerkenswerthe Thatfache nochmals hervorzuheben, daß, während diese Verbindung in den ruhenden Samen der Blütenpflanzen z. B. der Leguminosen nur in sehr geringer Menge enthalten ist, um erst bei der Keimung sich anzuhäufen, bei *Aethalium* der Maximalgehalt an Asparagin gerade auf die ruhenden Sporen entfällt, in denen es als Reservestoff enthalten ist.

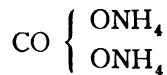
d) Amidosäuren.

Die Anwesenheit von Amidosäuren konnte im Protoplasma von *Aethalium* nicht festgestellt werden. Dennoch ist das Vorkommen dieser Amidosäuren im Protoplasma von *Aethalium* nicht als gänzlich ausgeschlossen anzusehen, sie könnten sehr wohl entstehen, um sich

sehr rasch zu Eiweißstoffen zu regeneriren, so daß sie nicht in nachweisbarer Menge sich anhäufen. Da sie, wofür namentlich wiederum die Arbeiten von E. SCHULZE die wichtigsten Belege liefern, eine ausgedehnte Verbreitung unter den Blütenpflanzen besitzen, so sollten sie hier wenigstens kurze Erwähnung finden.

e) Ammoniakverbindungen.

Ammoniumcarbonat.



Da unzweifelhaft wegen des Athmungsprocesses das Protoplasma von Aethalium mit Kohlenäure nahezu gesättigt ist, so müssen wir annehmen, daß die darin enthaltene flüchtige Ammoniumverbindung nicht das Hydroxyd, sondern das Carbonat der NH_4 Gruppe darstellt. In dieser Verbindung haben wir unzweifelhaft das letzte, unterste Glied der regressiven Metamorphose der stickstoffhaltigen Eiweißbestandtheile zu erblicken; die Zerklüftung jener großen Moleküle erfährt in seiner Bildung ihren Abschluß. Ob dasselbe als directes Zeretzungsproduct des Xanthins oder einer Amidverbindung entsteht, ist vor der Hand nicht festzustellen. Wahrscheinlich hat das Ammoniumcarbonat im Protoplasma nicht nur durch seine Entstehung als Kraftquelle zu dienen, sondern dasselbe ist auch der alleinige Träger der unzweifelhaft wichtigen alkalischen Reaction des Protoplasma von Aethalium. Diese Reaction könnte sonst nur von Carbonaten der Alkalien herühren; die letzteren sind aber im Protoplasma von Aethalium sicher nicht enthalten. Denn die nachgewiesenen Quantitäten von Alkalimetallen sind so gering, daß sie zur Deckung der vorhandenen Menge von Chlorwasserstoffäure und Phosphoräure nicht ausreichen, beide Säuren würden jedoch Kohlenäure aus ihren Alkaliverbindungen austreiben.

Ob noch andere Ammoniumverbindungen im Protoplasma von Aethalium vorkommen, wurde nicht sicher ermittelt, doch ist das Vorhandensein von Ammoniummagnesiumphosphat wohl sicher.

Die Angaben über das Vorkommen oder Fehlen von Ammoniumverbindungen bei Pilzen wie bei höheren Pflanzen lauten bis jetzt noch ziemlich widerspruchsvoll, bald sollen dieselben vorhanden sein, bald fehlen. Diese Frage bedarf jedenfalls dringend einer erneuten, umfassenderen Prüfung.

6. Kohlenhydrate.

a) *Glycogen*.

Das Glycogen dürfte im Protoplasma von *Aethalium* wohl als einer der wichtigsten constituirenden Bestandtheile aufzufassen sein. Ueber die Entstehung desselben läßt sich kaum etwas Bestimmtes vermuthen, wenn man nicht annehmen will, daß es sich aus Eiweißstoffen abspalte. Daß Glycogen wenigstens indirect aus Eiweißstoffen entstehen könne, geht aus der Thatfache hervor, daß es im Thierkörper auch bei ausschließlicher Fütterung mit Eiweißkörpern sich bildet*). Auch durch MAYDL wird das Glycogen als Restsubstanz bei der Eiweißzeretzung gedeutet**). Daß aber, wie man häufig angegeben findet, Glycogen schon durch die bloße Gegenwart von Eiweißstoffen in Zucker umgewandelt werden soll, ist sicher unrichtig, dazu ist ein specifisches Ferment nothwendig, welches im Protoplasma von *Aethalium* fehlt. Man wird jedoch das Glycogen wohl eher als wichtig für die *Constitution* des Protoplasma anzusehen haben, als ihm eine besondere Aufgabe in der regressiven Metamorphose zuschreiben, und ist es auch keineswegs unwahrscheinlich, daß das Glycogen synthetisch aus stickstofffreien Atomgruppen gebildet wird, die ja z. B. bei der Oxydation der Fettsäuren entstehen könnten. Ebenso wenig lassen sich Vermuthungen über die Umwandlung des Glycogens aufstellen. Vielleicht ist das Glycogen eine Art von transitorischem Reservestoff im Protoplasma und ein wesentlicher Factor für den Aufbau der Eiweißmoleküle. Im Athmungsproceß wird das Glycogen vermuthlich eine Oxydation erfahren.

*) GORUP-BESANEZ, phys. Chemie, S. 219.

**) Zeitschr. f. physiol. Chemie, III. S. 186 ff

Von großem Interesse wäre eine vergleichende Untersuchung über die Frage, ob das Glycogen auch im Protoplasma anderer Pflanzengruppen, als der Schleimpilze, vorkommt, oder ob es im übrigen Pflanzenreiche durch Dextrin und Stärke vertreten wird, zwischen denen es seinen Eigenschaften nach gewissermaßen die Mitte hält.

b) *Aethaliumzucker.*

So möge vorläufig die aus dem Protoplasma nicht rein erhaltene Substanz genannt werden, welche in Alkohol leicht löslich ist und nach dem Kochen mit Säuren Kupferoxyd reducirt. Die Substanz bildete einen bräunlich gelben Syrup von süßlichem Geschmack, der sich von dem stickstoffhaltigen Peptonoid durch Ausfällung mit Phosphorwolframsäure befreien läßt. Daß hier wirklich eine eigene, nicht krystallisirende Zuckerart vorliegt, dafür dürfte besonders als physiologisches Moment der Umstand sprechen, daß Zuckerarten allgemein verbreitet im Pflanzenreich vorkommen, eine andere Zuckerart sich aber nicht nachweisen ließ. Wäre die fragliche Substanz kein Kohlenhydrat, sondern ein Glucosid, so dürfte wohl zu erwarten sein, daß wenigstens in irgend einer Entwicklungsstufe des Protoplasma von *Aethalium* (junge Fruchtkörper, reife Sporen, keimende Sporen) als Zerfallproduct dieses Glucosids Traubenzucker beobachtet würde.

Ueber Entstehung, Umwandlung und physiologische Functionen des Zuckers läßt sich für *Aethalium* natürlich noch weniger ausagen als für andere Pflanzen. Vielleicht wird derselbe theilweise mit dem Glycogen zusammen verathmet.

7. Fette und Säuren.

Das im Protoplasma von *Aethalium* in beträchtlicher Menge enthaltene Fett besteht jedenfalls zum geringsten Theile aus sogenannten Neutralfetten, d. h. aus Glyceriden der Fettsäuren und der Oelsäure. Der größte Theil des in Aether löslichen *Aethaliumfettes* wird unzweifelhaft durch die freien Säuren gebildet. Vielleicht sind die freien

Fettsäuren durch Zerfall der Glyceride in der Stoffmetamorphose entstanden, wobei entweder das Glycerin selbst oxydirt werden kann*) oder durch Einfügung neuer Säureradiale sich zu Glyceriden zu ergänzen vermag. Ein Zerfallen der Glyceride in Glycerin und freie Säuren geschieht ja im Thierkörper bekanntlich durch Einwirkung des Pankreasfermentes; für die Keimung fettreicher Samen hat MÜNTZ**) ein Gleiches angegeben.

Ueber anderweitige Bildung der Fettsäuren im Pflanzenorganismus wissen wir zur Zeit noch nichts Genaueres. Nur soviel ist sicher, daß Fette aus Eiweißstoffen entstehen können, weil man bei Thieren, die ausschließlich mit Eiweißstoffen gefüttert werden, Fettanatz beobachtet. Auch hat NÄGELI***) nachgewiesen, daß bei niederen Pilzen eiweißreiches Protoplasma sich in fettreiches umzuwandeln vermag, und daß umsomehr Fett gebildet wird, je lebhafter die Athmung ist. Flüchtige Fettsäuren entstehen auch bei der Fäulnis von Eiweißkörpern. Ferner hat HOPPE-SEYLER†) gezeigt, daß, wenn aus Kohlenhydraten CO_2 abgespalten wird, aus dem Rest Fettsäuren von höherem Kohlenstoffgehalt hervorzugehen vermögen. Vielleicht ist dies die vorzüglichste Quelle der Fettbildung im Thier- und Pflanzenreiche, namentlich kann man sich vorstellen, daß die Fettmassen in reifen Samen auf diese Weise entstehen, da ihrer Bildung die Bildung großer Quantitäten von Kohlehydraten vorangeht. Freilich braucht die Ueberführung der Fette in Kohlehydrate in diesem letzteren Falle keine directe zu sein, sie kann durch Einschlebung eines Zwischenproductes vermittelt werden und dies Zwischenglied kann sogar ein Eiweißkörper sein. Unter den Kohlehydraten des Protoplasma von *Aethalium*

*) Vgl. GORUP-BESANEZ, phys. Chemie, S. 68; ferner HERTER, Ber. d. d. chem. Ges. 1878. S. 1167. Der letztere Autor erhielt beim Zusammenschmelzen von Glycerin mit Kaliumhydroxyd Ameisensäure, Essigsäure, Butteräure und Milchsäure. Vgl. auch HOPPE-SEYLER in Zeitschr. f. physiol. Chemie. III. S. 351.

**) Annales de Chimie et de Phys. ser. IV, T. 12, S. 472.

***) Ueber Fettbildung bei Pilzen S. 289.

†) Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1879. S. 351.

würde wohl besonders das Glycogen als eventueller Fettbildner in's Auge zu fassen sein.

a) *Oelsäure.*

Wenn wir die Frage nach der Entstehung der Oelsäure vor der Hand von weiterer Discussion ausschliessen müssen, so ist umsomehr hervorzuheben, daß ihre große Wichtigkeit für die Vorgänge der regressiven Metamorphose außer Zweifel steht. Als im höchsten Grade wahrscheinlich dürfen wir annehmen, daß die ganze Reihe der im Protoplasma von Aethalium nachgewiesenen flüchtigen Fettsäuren von der Caprinsäure bis zur Ameisensäure, durch Oxydation der Oelsäure entstanden ist. Denn durch Einwirkung künstlicher Oxydationsmittel, z. B. von Salpetersäure, läßt sich die Oelsäure leicht in die flüchtigen Fettsäuren umwandeln, wobei man sämtliche Glieder der Reihe neben einander nachzuweisen vermag*). Da beim Athmungsproceß des Protoplasma stets energische Oxydationsmittel in Wirkung treten müssen, so haben wir in der Bildung der flüchtigen Fettsäuren gewiß einen der Hauptzweige der regressiven Metamorphose von Aethalium zu erblicken.

Die Oelsäure muß im Protoplasma von Aethalium in äußerst feiner Vertheilung enthalten sein, da sich eigentliche Tropfen mikroskopisch nicht nachweisen lassen. Ein Theil derselben ist auch an Calcium gebunden, wo sie wahrscheinlich in gleicher Weise der Verathmung unterliegt, wie im freien Zustande. Auch das Calciumoleat wird kaum in Lösung, sondern nur in feiner Vertheilung enthalten sein, und deuten einige Beobachtungen darauf hin, daß ein Theil der Microfomen aus diesem Salze bestehe; denn bei der Auflösung in Salzsäure verschwinden nicht alle Microfomen vollständig, sondern von einigen derselben bleibt ein größerer oder kleinerer Fetttropfen zurück. Da als Endproduct der Verathmung von Oelsäure jedenfalls Kohlensäure übrig bleibt, so könnte man sich vorstellen, die Oxydation

*) Vgl. REDTENBACHER in *Annalen der Chemie und Pharmacie*, Band 59, S. 41.

des Oleats erfolge entweder so unmittelbar, daß es gar nicht zur Bildung der niederen intermediären Glieder der Reihe, wie Acetat und Format, komme, sondern daß einzelne solcher Microsomen sich direct in Calciumcarbonat umwandeln; oder aber daß auch die Kalksalze der Essigsäure und Ameisensäure intermediäre Oxydationsproducte des Calciumoleats vorstellten, welches durch sie hindurch indirect in Calciumcarbonat übergeführt wird.

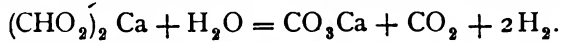
b) Feste Fettsäuren.

Dieselben bestehen wahrscheinlich aus einem Gemenge von Palmitinsäure, Stearinsäure und einer Säure von noch höherem Kohlenstoffgehalt. Für sie gilt im Allgemeinen auch das über die Oelsäure Gefagte, nur daß sie sich als resistenter, als weniger leicht oxydirbar, erweisen. Wahrscheinlich sind die festen Fettsäuren neben der Oelsäure zu den constituirenden Bestandtheilen des Protoplasma zu rechnen; bei Aethalium, wo das Protoplasma der jungen Fruchtkörper gegen 10 pCt. Fettsäuren enthält, fungiren dieselben auch wahrscheinlich als Reservestoffe, wie in den ölhaltigen Samen der Blütenpflanzen.

c) Flüchtige Fettsäuren.

Wir fassen hier in unserer Betrachtung die verschiedenen Glieder der Reihe bis einschließlic zur Ameisensäure zusammen. Sie alle sind wesentlich als Producte der regressiven Metamorphose anzusehen, und zwar dürften sie in erster Linie von der Oelsäure abstammen, theilweise aber auch Zerfallproducte der Eiweißkörper sein. Die Ameisensäure entsteht jedenfalls sehr leicht als Oxydationsproduct zahlreicher organischer Substanzen. Anderweitige Untersuchungen, die noch nicht zum Abschluß gelangt sind, machen es mir zur Gewissheit, daß Ameisensäure und Essigsäure zu den allgemein verbreiteten Bestandtheilen des vegetabilischen Protoplasma gehören, sowohl in chlorophyllhaltigen wie in chlorophyllfreien Zellen. Wahrscheinlich sind beide Säuren meistens an Calcium gebunden, und

manche Pflanzen enthalten sehr große Mengen von Calciumformat; so kann man z. B. aus dem wässrigen Extracte von *Vaucheria* leicht beträchtliche Quantitäten dieses Salzes durch Auskrystallisiren gewinnen. Das Calciumformat ist unzweifelhaft eins der letzten Glieder der regressiven Metamorphose; wo es sich in so beträchtlicher Menge anhäuft, wie in *Vaucheria*, dürfte die weitere Oxydation desselben vielleicht Hindernissen begegnen; dagegen hat HOPPE-SEYLER*), als er Calciumformat mit einer geringen Menge von faulenden Substanzen mischte, eine Zersetzung der Ameisensäure unter Bildung von CO₂ und Wasserstoff beobachtet nach der folgenden Gleichung:



Von Wichtigkeit in Betreff der Ameisensäure ist ferner die Beobachtung NÄGELI'S**), wonach Schimmelpilze aus dieser Säure keinen Kohlenstoff zu assimiliren vermögen. Danach würde also ameisenfaures Salz nicht wieder in die progressive Stoffbewegung eintreten können, was mit der Essigsäure, wenigstens bei den Pilzen, nachweislich geschehen kann. Ich vermuthe sogar, daß ein großer Theil des im Protoplasma von *Aethalium septicum* enthaltenen Calciums als Acetat aus der Lohe aufgenommen wird; das im Protoplasma der jungen Fruchtkörper gefundene Acetat muß aber aus früher dargelegten Gründen eher als ein Product regressiver Metamorphose denn als Rest eines unverarbeiteten Nährstoffes gedeutet werden. Das Vorkommen der niederen Glieder unter den flüchtigen Fettsäuren im Aetherextract erscheint in sofern auffallend, als man erwarten sollte, daß sich dieselben bei ihrem Entstehen sogleich an Calcium binden würden; statt dessen scheinen gerade sie an das nur in so geringer Menge nachweisbare Glycerin gekettet zu sein, denn wären diese Säuren (Buttersäure, Propionsäure) im freien Zustande im Protoplasma enthalten, so würde das letztere schwerlich alkalisch reagiren können.

*) HOPPE-SEYLER, Ueber die Proceß der Gährungen und ihre Beziehungen zum Leben der Organismen. PFLÜGER's Archiv XII, S. 1. 1876; ferner physiol. Chemie. I. S. 123.

**) NÄGELI, die Ernährung niederer Pilze, S. 283.

d) *Oxalsäure.*

Die Oxalsäure wird im Allgemeinen als Endproduct der regressiven Metamorphose betrachtet; auch nach NÄGELI'S Untersuchungen vermögen Schimmelpilze keinen Kohlenstoff aus Oxalsäure zu assimiliren. In den meisten Pflanzen scheint das Calciumoxalat keiner weiteren Umbildung fähig zu sein; doch werden in den Kartoffeln nach SORAUER und DE VRIES beim Austreiben der Sprosse Krytalle von Calciumoxalat aufgelöst, und nach SCHMÖGER kann das gleiche Salz durch Spaltpilze zersetzt werden.

Was die Abstammung der Oxalsäure im Organismus anbetrifft, so darf angenommen werden, daß sie zu den Oxydationsproducten der Oelfäure und der höheren Fettsäuren gehört; im Protoplasma von Aethalium wird sie unzweifelhaft gleich bei der Entstehung an Calcium treten.

e) *Milchsäure.*

Wenn man eine Quantität Protoplasma von Aethalium auf Milchsäure verarbeitet, so erhält man in allerdings sehr geringer Menge ein organisches Zinksalz, dessen microscopische Krytallform mit derjenigen des Zinklactats übereinstimmt. Die Ausbeute ist jedoch eine viel zu geringe, um in dem durch Umkrytallisiren gereinigten Salze eine Zinkbestimmung versuchen zu können. Es wäre aber von großem Interesse, wenn im pflanzlichen Protoplasma Milchsäure mit Sicherheit nachgewiesen werden könnte, weil dieselbe ein so verbreiteter Bestandtheil des thierischen Muskelgewebes ist; nach den Untersuchungen von ASTASCHEWSKY*) ist die Milchsäure auch in den Muskeln stets als Salz vorhanden, wohingegen die saure Reaction todter oder angestrengter Muskeln durch saures Kaliumphosphat hervorgerufen wird. Während man bisher in den Muskeln die Milchsäure für einen Abkömmling des Glycogens anah, wird dies neuerdings von BÖHM**) in Abrede

*) ASTASCHEWSKY, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1880. S. 397.

**) BÖHM, über das Verhalten des Glycogens und der Milchsäure im Muskelfleisch. PFLÜGER'S Archiv XXIII. S. 44.

gestellt, und betrachtet dieser Forscher die Milchsäure als Zeretzungsproduct der Eiweißstoffe.

Wenn die Milchsäure in Aethalium als Product regressiver Stoffmetamorphose gebildet wird, so erfährt sie sicherlich rasch weitere Zeretzungen, weil es zu einer Anhäufung dieser Säure nicht kommt. Aethalium ist aber wenig geeignet, die Frage zu entscheiden, ob die Milchsäure unter die Stoffwechselproducte des vegetabilischen Protoplasma (wobei von den Milchsäurebakterien natürlich abzusehen ist) gezählt werden dürfe; denn in der macerirenden Lohe dürfte sicher Gelegenheit zur Milchsäurebildung gegeben sein, und in folchem Falle könnte die gefundene Milchsäure direct der Lohe entstammen, ein Rest des als Nährstoff aufgenommenen Calciumlactats. Auch lieferte die Verarbeitung des wässrigen Loheextractes auf Milchsäure (vgl. oben S. 148) in der That ganz ähnliche Krytalle eines Zinkfalzes, wie sie aus dem Protoplasma erhalten wurden. Jedenfalls wäre es von Interesse, grössere Pilze auf einen Gehalt an Milchsäure zu prüfen.

f) Kohlen Säure.

Die Kohlen Säure ist ein Endproduct der regressiven Metamorphose, sie repräsentirt den stabilen Gleichgewichtszustand der Atome mit einem Minimum an potentieller Energie. Sie ist einerseits im Protoplasma von Aethalium an Calcium gebunden, nach meiner Annahme auch an Ammonium; dann aber wird kein Zweifel darüber bestehen können, daß im lebhethätigen Protoplasma auch ein Ueberschuß von freier Kohlen Säure enthalten ist. Da der Abforptionscoefficient thierischer Flüssigkeiten für Gase nahezu gleich ist demjenigen des Wassers (etwas kleiner), so dürfen wir annehmen, daß auch im Enchylema des Protoplasma von Aethalium wie von höheren Pflanzen ein entsprechendes Volumen freier Kohlen Säure enthalten ist; denn CO_2 kann aus dem Protoplasma erst dann in die Luft entweichen, wenn mehr Kohlen Säure durch Athmung producirt wurde, als das Enchylema absorbirt zu halten vermag. — Daß die Kohlen Säure indirect aus einer großen Zahl verbrennlicher Substanzen im Protoplasma entstehen kann, ist

sicher; wahrscheinlich vermögen viele dieser Verbindungen CO_2H_2 , aber auch direct zu liefern.

8. Alkohole.

a) *Cholesterin und Paracholesterin.*

Formel: $\text{C}_{27}\text{H}_{48} - \text{OH}$.

Die beiden, im Protoplasma von *Aethalium* in reichlicher Menge enthaltenen isomeren Alkohole stehen einander in physiologischer Hinsicht jedenfalls so nahe, daß sie hier zusammen betrachtet werden können.

Der Name Cholesterin bezeichnet den Begriff einer chemischen Gruppe. Man kennt verschiedene Cholesterine, und hat bis jetzt ein normales, ein Isocholesterin, ein Paracholesterin und Phytosterin*) unterschieden, Verbindungen, welche in der Lage des Schmelzpunktes, im specifischen Drehungsvermögen für das polarisirte Licht, in gewissen Farbenreactionen, in der Krytallform der Benzoesäure-Ester von einander abweichen, während die Elementaranalyse eine übereinstimmende chemische Zusammensetzung ergibt; doch ist es wegen des hohen Moleculargewichtes dieser Verbindungen äusserst schwierig und misslich, mit Sicherheit zu entscheiden, ob die verschiedenen Cholesterine isomere Verbindungen sind oder, wie von einigen Seiten wegen der Differenzen im optischen Drehungsvermögen angenommen wird, einander nahe stehende Glieder einer homologen Reihe. Wäre das Erstere der Fall, so würde man annehmen dürfen, daß die Isomerie durch Haften der Hydroxylgruppe an verschiedenen Wasserstoffatomen der Cholesterylgruppe zu Stande kommt, dann aber wäre eine sehr große Zahl verschiedener Cholesterine möglich.

Die Verbreitung von Cholesterinen im Pflanzenreiche scheint eine allgemeine zu sein, wahrscheinlich fehlen sie in keinem Aetherextract und bilden einen typischen Bestandtheil des Protoplasma. Im Thierreiche findet das Cholesterin sich ebenfalls in protoplasmatischen Ge-

*) Vgl. O. HESSE, Liebigs Annalen Bd. 192, S. 175.

bilden und den unmittelbaren Derivaten des Protoplasma, wie in den rothen Blutkörperchen, in besonders reichlicher Menge und als ganz constanter Factor in der Gehirn- und Nervensubstanz, während über ein Vorkommen von Cholesterin in den Muskeln keine sicheren Angaben vorliegen. Endlich ist das Cholesterin stets reichlich in der Galle enthalten, jenem merkwürdigen Organ des thierischen Körpers, für welches analoge Functionen bei den Pflanzen kaum zu erkennen sind.

Was das Vorkommen der Cholesterine im Protoplasma von *Aethalium* anbetrifft, so könnten unter den Bestandtheilen desselben wohl nur die Fette (Oelfäure) als Lösungsmittel derselben dienen. Da aber auch die Fette nur im Zustande feinsten Vertheilung im Protoplasma enthalten sind, so scheint es wahrscheinlicher, daß auch die Cholesterine nicht gelöst, sondern nur fein zerstäubt unter andere Protoplasma-Bestandtheile gemengt vorkommen; eine ähnliche Art der Vertheilung wird auch für das Cholesterin im Gehirn und in den Nerven angenommen. Gewiss ist, und physiologisch von hohem Interesse, daß die Hauptmasse der Cholesterine im Protoplasma von *Aethalium* neben einer relativ geringen Menge von Fettsäuren an die unlösliche Gerüstsubstanz gebunden ist.

Die Cholesterine finden sich im Protoplasma von *Aethalium* nur als freie Alkohole. Ueber ihre Entstehung ist Thatächliches nicht bekannt. Doch wird man schwerlich annehmen können, daß diese Körper im Organismus durch eine selbständige Synthese sich aufbauen sollten und sind daher die physiologischen Chemiker einig in der Ueberzeugung, daß die Cholesterine Spaltungsproducte sind. Da nun wegen ihres hohen Moleculargewichts an eine Abspaltung aus Kohlehydraten oder Fetten wohl nicht gedacht werden kann, so hält MALY*) das Cholesterin für ein Spaltungsproduct der Eiweißkörper. Sollte aber bei der Frage nach der Abstammung der Cholesterine nicht auch an das Lecithin gedacht werden können?

Ebenso wenig wissen wir über die Umwandlungen des Cholesterins im Verlaufe des pflanzlichen Zellenlebens. Nur so viel darf wohl als

*) MALY, l. c. S. 150.

sicher gelten, daß das Cholesterin nach seiner Entstehung durch den Stoffwechsel auch wieder verbraucht werden kann. Dies beweist der Umstand, daß die jungen, noch ganz aus Protoplasma bestehenden Fruchtkörper von *Aethalium* sehr reich an Cholesterinen sind, während sich diese Verbindungen aus den reifen, bereits Sporen enthaltenden Fruchtkörpern nur in geringer Menge gewinnen lassen.

Es ist keineswegs unwahrscheinlich, daß das Cholesterin theilweise im Athmungsproceß verbraucht wird; denn nach den Untersuchungen von RADZISZEWSKI*) gelingt es sehr leicht, Cholesterin zum Phosphoresciren zu bringen, also in Oxydation zu versetzen. Mit künstlichen Oxydationsmitteln behandelt, liefert das Cholesterin neben Cholesterinsäure auch flüchtige Fettsäuren, wie Essigsäure, Butteräure, Capronsäure.

Die physiologische Rolle des Cholesterins im Organismus ist also noch durchaus problematisch; doch ist möglicherweise durch sein constantes Vorkommen in der thierischen Nervensubstanz ein Fingerzeig dafür gegeben, daß es als Stoffwechselproduct bei Irregularitäts-Processen sich abspaltet. Jedenfalls dürfte es als besonders lohnende Aufgabe erscheinen, die physiologischen Bedingungen des Auftretens und Verschwindens von Cholesterin in einer dafür geeigneten Pflanze genauer zu untersuchen.

b) *Glycerin.*

Ob Glycerin im freien Zustande im Protoplasma von *Aethalium* vorkommt, muß als unentschieden gelten, weil dasselbe daraus nicht isolirt werden konnte. Dagegen ist dieser Alkohol bestimmt als Glycerinphosphorsäure im Lecithin enthalten und jedenfalls auch in Verbindung mit den Resten fetter Säuren. Doch treten in dem als »Fett« zu bezeichnenden Bestandtheil von *Aethalium* die Glyceride der Quantität nach sehr zurück gegen die freien Fettsäuren, vielleicht sind nur einige der flüchtigen Fettsäuren als Glycerinverbindungen

*) RADZISZEWSKI, über die Phosphoreszenz der organischen und organisirten Körper. LIEBIG'S Annalen Bd. 203, S. 319.

vorhanden. Sicheres läßt sich darüber jedoch nicht ermitteln, weil es durchaus an einer sicheren Methode der Glycerinbestimmung fehlt.

Ueber die Entstehung der Glyceringruppe im Protoplasma lassen sich nicht einmal Vermuthungen formuliren. Nur soviel ist wohl gewiß, daß dasselbe nicht durch einen Proceß alkoholischer Gärung entstehen kann, weil zu keiner Zeit sich Traubenzucker nachweisen läßt. Vermuthlich erscheint auch das Glycerin mitunter als Spaltungsproduct, entweder des Lecithins oder eines Eiweißkörpers.

Ob das Glycerin selbst Umwandlungen oder Zersetzungen erfährt, ist ebenfalls ungewiß. Man könnte sich vorstellen, daß dasselbe in seiner geringen Quantität eine Art von eisernem Bestand im Protoplasma von *Aethalium* repräsentirt, in die sich bildenden Sporen mit eingeht und später auf die Plasmodien sich überträgt, indem ihm die Function zufällt, Glyceride zu bilden, die in regressiver Metamorphose immer wieder in freien Säuren und Glycerin gespalten werden, endlich um an der Constituirung des Lecithin-Moleculs mitzuwirken. Daß hierbei, namentlich sofern eine Vermehrung der absoluten Protoplasma-masse stattfindet, auch der Bestand an Glycerin durch Neubildung einen Zuwachs erfahren muß, ist selbstverständlich.

9. Harz und Terpen.

Mit diesen Bezeichnungen haben wir einige Substanzen belegt, von welchen die eine vermuthlich ein chemisches Individuum ist, die andere sicher ein Gemenge verschiedener Verbindungen darstellt, und welche einen keineswegs unwesentlichen Bruchtheil des Protoplasma der Plasmodien wie des Sporenplasma bilden. Wenn wir auch ihre nähere chemische Zusammensetzung nicht kennen, so sind doch diese Substanzen aus verschiedenen Gesichtspunkten von großem physiologischen Interesse. Einmal gehören Harze zu den verbreitetsten Bestandtheilen der Pflanzen, sie werden im Protoplasma bereitet, um im Körper der höheren Gewächse wenigstens in besonderen Behältern abgeschieden und aufgespeichert zu werden. Ob diese Harze nur als Auswurfstoffe anzusehen sind, oder ob sie von den höheren Pflanzen

weiter verwerthet werden können, ist ungewiß, es fehlt an zuverlässigen Untersuchungen über diese Frage. Nur das allgemeine Vorurtheil spricht den Harzen einen excrementiellen Character zu.

Was die Vertheilung des Harzes im Protoplasma von Aethalium anlangt, so findet sich ein Theil davon jedenfalls emulsionsartig zerstäubt im Enchylema, während der grössere Theil in der Gerüstsubstanz enthalten ist. Eine Ausscheidung des Harzes läßt sich zu keiner Zeit im Entwicklungsgange von Aethalium nachweisen, in den Sporen scheint die relative Menge desselben nicht geringer zu sein, als im nackten Protoplasma. Dieser Umstand spricht entschieden dafür, daß das Harz nicht ausgestoßen wird; wohl aber muß es, wenn seine absolute Menge sich nicht progressiv vermehren soll, eine Umwandlung, einen Verbrauch in den Stoffwechselprocessen des Protoplasma erleiden. Ueber die Art dieser Umwandlung lassen sich jedoch keine Vermuthungen aufstellen, ebenso wenig, als wir über die Entstehung des Harzes etwas Sicheres wissen. Die für letzteren Punkt nächstliegende Vermuthung ist seine Abspaltung aus Eiweißstoffen, und in Bezug darauf mag noch auf folgenden Umstand hingewiesen sein. Unter den künstlichen Spaltungsproducten der Eiweißkörper erhält man eine aromatische Gruppe, und im Einklange damit beobachtet man im Laufe der regressiven Stoffmetamorphose des Thier- und Pflanzenkörpers auch das Auftreten aromatischer Verbindungen, z. B. des Tyrosins. Nun ist es eine bekannte Thatfache, welche wahrscheinlich für die Harze des Pflanzenreiches allgemeine Gültigkeit besitzt, daß, wenn man diese Substanzen mit Kaliumhydroxyd zusammenschmilzt, neben Fettsäuren eine Anzahl aromatischer Producte auftritt, wie Reforcin, Phloroglucin, Paraoxybenzoesäure, Protocatechusäure. In der Formel der Terpene und Kampherarten endlich wird ohne Weiteres ein Benzolkern angenommen.

Diese Thatfachen machen es äußerst wahrscheinlich oder wohl unzweifelhaft, daß in dem von Terpen und Harz gebildeten, aus dem Protoplasma von Aethalium abgeschiedenen Gemenge zum Mindesten *eine* Atomgruppe der aromatischen Reihe enthalten ist. Dieser Umstand

ist aber von großer physiologischer Bedeutung. Denn da der Nachweis von Tyrofin im Protoplasma von *Aethalium* nicht gelungen ist, so war es von besonderem Werthe, andere Substanzen abgechieden zu haben, welche, was auch immer ihre speciellen chemischen Eigenschaften sein mögen, doch irgend ein Benzolderivat einschließen. Es ist damit eine weitere Stütze für die theoretisch wichtige Annahme gewonnen, daß unter den Spaltungsproducten der Eiweißmoleküle, mögen dieselben im natürlichen Stoffwechsel des Organismus erzeugt oder in unseren Laboratorien durch die Einwirkung zertrümmernder Reagentien hergestellt werden, sich stets aromatische Atomgruppen befinden.

10. Die Aschenbestandtheile.

In der Asche des Protoplasma von *Aethalium* findet man eine Anzahl Metalle und Mineral Säuren, welche mit denen identisch sind, die constant in jeder Pflanzenasche beobachtet werden. Wir müssen daher diese unverbrennlichen Grundstoffe für wichtige Componenten des Protoplasma halten, auch ist ja ihre Unentbehrlichkeit für das Zellenleben der Pflanzen durch die bekannten Versuche mit wässrigen Nährlösungen dargethan worden. Was die physiologische Function und Bedeutung dieser mineralischen Bestandtheile anlangt, so ist dieselbe jedenfalls eine verschiedene und mannigfaltige. Sie können der progressiven Stoffmetamorphose angehören, sie können als constituirende Theile in das Gefüge des Protoplasma eintreten, sie können endlich als Glieder der regressiven Reihe erscheinen. In die erste dieser drei aus physiologischem Gesichtspunkte unterschiedenen Gruppen gehören solche Verbindungen, welche von Außen her in das Innere eines lebenden Protoplasmaleibes aufgenommen werden, um hier einzelne ihrer Bestandtheile zu weiteren Umsetzungen abzuspalten. Hierher sind zu rechnen Phosphate und Sulfate, deren Phosphor und Schwefel für die Bildung von Lecithin, beziehungsweise Eiweißstoffen verbraucht wird. Dahin gehören ferner Metalle, die, an organische Säuren gebunden, diese letzteren als Kohlenstoffquelle dem Protoplasma

zuföhren, z. B. wenn man Pilze durch Calciumacetat oder Kaliumtartrat ernährt. Als Constituenten fungiren die unverbrennlichen Bestandtheile, wenn sie, wie Schwefel, Phosphor und wahrscheinlich auch Metalle, in das Molecül von Eiweißstoffen und anderen Verbindungen eintreten; sie gehören aber auch in diese Gruppe, wenn sie als unveränderte Salze im Protoplasma verharren und z. B. die Lösung von Eiweißstoffen unterhalten. In die dritte Gruppe sind z. B. Metalle zu rechnen, wenn sie Träger organischer Substanzen waren oder werden, welche durch regressive Metamorphose entstanden; sie können sogar Endglieder in der regressiven Reihe sein, deren sich das Protoplasma nicht zu entledigen vermag, wohin z. B. das Calciumoxalat und Calciumcarbonat gehören würden.

Aus der Aschenanalyse kann man nicht ohne Weiteres auf die Verbindungen schließen, in welchen die einzelnen Grundstoffe der Asche im lebenden Protoplasma existiren. In der Asche von *Aethalium* stammen z. B. alle Schwefelsäure und ein großer Theil der Phosphorsäure aus der Verbrennung organischer Substanzen. Ein bedeutender Theil des Calciumcarbonats ist zwar präformirt im Protoplasma enthalten, ein Theil der Kohlenäure ist jedoch Verbrennungsproduct organischer Säuren. Wieviel von den Metallen an Eiweißstoffe gebunden war, davon wissen wir nichts Sicheres. Auch konnten die in der Tabelle S. 54 angenommenen Mineralsalze nur nach Muthmaßung und durch Combination der Aschenanalyse mit der Analyse des unverbrannten Protoplasma aufgestellt werden. So wurde z. B. als wahrscheinlich angenommen, daß das Natrium als Chlorid vorhanden sei, weil die Aschenanalyse dazu stimmt und weil Chlornatrium so allgemein verbreitet in den Organismen vorkommt. Wir nahmen ferner an, daß die im Protoplasma als solche enthaltene Phosphorsäure zunächst an das Kalium treten würde, abgesehen davon, daß Kaliumphosphat auch direct nachgewiesen werden konnte, sodann an das Eisen, und daß endlich das Magnesium als Ammoniumphosphat vorhanden sein werde wegen des beträchtlichen Ammoniakgehaltes des Protoplasma. Einigermassen dürften diese Annahmen zutreffen, den-

noch muß zugestanden werden, daß möglicherweise die Zahl der im Protoplasma vorhandenen Salze eine größere und mannigfaltigere und daß vielleicht ein Theil des Calciums und Magnesiums an Eiweißstoffe gebunden ist.

Aus der oben S. 145 ff. mitgetheilten Untersuchung des wässrigen Extractes aus Lohe geht hervor, daß sämtliche im Protoplasma gefundenen Mineralbestandtheile in Form einer wässrigen Lösung von den Plasmodien aufgenommen werden können und vermuthlich aufgenommen worden sind. Im Protoplasma haben sie sich zum großen Theil in unlösliche Verbindungen umgewandelt. Speciell erwähnt sei nur noch das in so großer Menge angehäuften Calciumcarbonat. Ich stelle mir vor, daß dasselbe als organisches Salz, vorwiegend als Acetat aufgenommen und direct oder indirect zu Carbonat oxydirt wurde, dem somit eine excrementielle Bedeutung im Protoplasma zukommt, das aber insofern für das Protoplasma von Wichtigkeit ist, als es bei seinem Ueberschuß jede entstehende organische Säure sogleich abfättigt und dadurch die alkalische Reaction des Protoplasma dauernd erhält.

III.

Der Process der Kohlenstoffassimilation im chlorophyllhaltigen Protoplasma.

Von

J. Reinke.

Die Frage nach dem Chemismus der Kohlenstoffassimilation in grünen Pflanzentheilen ist durch die wichtigen Untersuchungen PRINGS-HEIMS*) wieder in den Vordergrund des pflanzenphysiologischen Interesses gerückt; ihrer Bedeutung wegen sollte diese Fundamentalfrage allerdings niemals daraus verschwinden, und ist es zu verwundern, daß man sich nicht allseitiger und anhaltender mit diesem wichtigsten Probleme der Pflanzenphysiologie beschäftigt bis zu dessen endgültiger Lösung, bis zu einem vollständig klaren Einblick in das Wesen dieses Processes, von welchem die Existenz des gesammten Lebens auf unserem Planeten abhängt; oder wenigstens bis zur Erreichung der Grenze, die vielleicht auch hier dem objectiv gültigen Wissen gezogen ist.

Mit Sicherheit ist festgestellt worden, daß in belichteten grünen Pflanzentheilen die Kohlenäure CO_2H_2 **) unter Ausscheidung von zwei Atomen Sauerstoff pro Molecül eine Reduction erfährt zu einer oxydirbaren Kohlenstoffverbindung; welches aber diese erste, aus der Kohlenäure entstehende verbrennliche (organische) Verbindung sei,

*) Untersuchungen über Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze. Jahrb. f. wiss. Bot. XII. 1881.

**) In neuerer Zeit ertheilt man mit Recht der Kohlenäure ganz allgemein die Formel CO_2H_2 ; vgl. dazu z. B. mein Lehrbuch der allgemeinen Botanik S. 464, Anm. Das atmosphärische Kohlendioxyd CO_2 kommt für die chemischen Umsetzungen in der Pflanzenzelle direct gar nicht in Betracht, weil CO_2 im Moment seiner Absorption im Imbibitionswasser der Zelle sich in $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$ umwandelt. Eine Discussion darüber, ob der bei der Kohlenstoffassimilation der Pflanze ausgeschiedene Sauerstoff aus der Kohlenäure oder dem Wasser stamme, ist daher ganz unzeitgemäß.

die man als Assimilationsproduct bezeichnen muß, darüber besteht zur Zeit noch eine beträchtliche Divergenz der Meinungen.

Die verschiedenen, gegenwärtig größeren oder geringeren Beifalls sich erfreuenden Hypothesen über die Natur dieses Assimilationsproducts würden sich wahrscheinlich von selbst vereinfachen, wenn eine präcisere Fassung des Begriffes »Assimilation« unter den Pflanzenphysiologen festgestellt würde als bisher geschehen. Ganz im Allgemeinen ist Assimilation die Umwandlung einer von Außen in den Organismus eintretenden Substanz in eine spezifische Verbindung des Organismus. Will man nun aber sämtliche in einer Pflanzenzelle vorkommende organische Substanzen, welche Abkömmlinge jener ersten, aus Kohlensäure reducirten Kohlenstoffverbindung sind, als Producte der Assimilation bezeichnen, so ist das eine wissenschaftlich wenig nutzbringende Nomenclatur; soll aber nur einem Theile dieser Substanzen, etwa einigen Kohlenhydraten, die Auszeichnung zu Theil werden, daß man sie Assimilationsproducte nennt, so ist eine rein willkürliche Abgrenzung derselben gegen die übrigen chemischen Constituenten der Pflanzenzelle nothwendig. *Mir scheint in Bezug auf die Assimilation des Kohlenstoffs aus Kohlensäure daher die einzige correcte Fassung des Begriffes »Assimilationsproduct« die zu sein, daß man dies Wort auf die erste, aus der zeretzten CO_2 entstehende oxydirbare Substanz beschränkt.*

Wenn wir uns über diese Vorfrage geeinigt haben sollten, so werden wir im Allgemeinen wohl geneigt sein einzugehen, daß wir das Product der Kohlenstoffassimilation in der Pflanze nicht kennen, sondern daß wir bis jetzt nur verschiedene, bald nähere bald entferntere *Abkömmlinge* desselben gefunden haben.

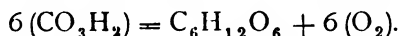
In seinen am Eingang erwähnten Untersuchungen hat auch PRINGSHEIM eine sehr beachtenswerthe Vermuthung über das in Frage stehende Assimilationsproduct geäußert und ist geneigt, das von ihm entdeckte, constant in jeder belichteten chlorophyllhaltigen Zelle vorkommende *Hypochlorin* als solches anzusprechen. Eine allgemeine Zustimmung zu dieser Vorstellung wird aber wohl schwierig zu er-

reichen fein, so lange wir über die chemischen Eigenschaften des Hypochlorins nichts Näheres wissen und unsere Kenntniss desselben sich beinahe auf den Umstand beschränkt, daß das Hypochlorin ein leicht oxydirbarer Körper ist. Daß aber das Hypochlorin auf jeden Fall zu den nächsten Abkömmlingen des fraglichen Assimilationsproductes gehören wird, scheint mir in hohem Grade wahrscheinlich.

Am wenigsten wird man *Stärkekörner* als das Assimilationsproduct betrachten können. Denn abgesehen davon, daß sehr zahlreiche chlorophyllhaltige Pflanzen niemals Stärke bilden, setzen diese complicirt aus Granulose und Cellulose aufgebauten, organisirten Gebilde mit Nothwendigkeit das Vorhandensein einer anderen organischen Substanz voraus, aus welche sie auskrySTALLISIRT sind oder sich aufgebaut haben; vermuthlich entsteht die Stärke aus einer Zuckerart durch Polymerisirung unter Wasserverlust. Für die physiologische Bedeutung der kleinen, in den Chlorophyllbehältern auftretenden Stärkekörner habe ich, wie ich glaube, die richtige Erklärung gegeben*); ich betrachte dieselben als die Form einer *transitorischen Reserve-substanz*. Daß diese Stärkekörnchen im Dunkeln verschwinden, um bei Belichtung sich von Neuem zu bilden, beweist für sich allein Nichts gegen meine Auffassung; denn auch die in der Pflanze vorhandenen Eiweißstoffe vermindern sich unter Amidbildung etc. bei eintretender Verdunkelung, um im Lichte durch Reconstruction aus den Amidsubstanzen sich wieder zu vermehren. Noch viel weniger kann aber *der* Umstand für eine Deutung der Stärke als Assimilationsproduct verwerthet werden, daß sich die Bildung derselben als eine Function der Kohlenäurezersetzung darstellen läßt. Denn ganz das Nämliche gelingt auch mit der in den Knollen der Kartoffel sich sammelnden Stärke, mit der Cellulose und den Eiweißstoffen, und schließlich wird jeder Land- und Forstwirth den Ertrag seiner Felder und Wälder als eine Function der Zersetzung von Kohlenäure in grünen Blättern durch das Sonnenlicht betrachten können.

*) Vgl. mein Lehrbuch der allgemeinen Botanik S. 472 u. S. 481.

Am meisten verbreitet ist wohl die Vorstellung, daß Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$ zunächst aus der zeretzten Kohlenfäure gebildet werde, sei es als directes Assimilationsproduct, sei es als eins der nächsten, jedenfalls vor der Stärke erzeugten Glieder der progressiven Stoffreihe. Diese Auffassung erhält ihren Ausdruck in der Gleichung



Nun ist es aber gewiß, daß ein so complexes Molecül, wie das des Traubenzuckers, durch *Synthese* entstanden sein muß, dasselbe kann unmöglich aus der einfachen Reduction eines Kohlenfäure-Molecüls hervorgegangen sein. Aus diesem Grunde werden wir uns schwerlich entschließen dürfen, den Zucker als Assimilationsproduct im oben definirten Sinne aufzufassen, sondern wir werden uns nach einer einfacheren organischen Kohlenstoffverbindung umzusehen haben, welche das nächste Product der Reduction von CO_3H_2 darstellt und aus deren kleineren Molecülen wie aus Bausteinen die Synthese des Zuckermolecüls in der Pflanzenzelle vollzogen wird.

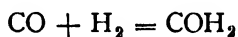
Wir gelangen somit zu dem Ergebniss, daß die Reduction der Kohlenfäure und die schließlich daraus resultirende Synthese eines verbrennlichen Körpers von höherem Moleculargewicht, z. B. eines Kohlenhydrats, als zwei ganz verschiedene Processe aufgefaßt und in unserer theoretischen Betrachtung getrennt behandelt werden müssen. Dann ist aber schon das Product der Reduction, nicht erst das der Synthese, als das Assimilationsproduct der Pflanze anzusehen, und voraussichtlich wird das Molecül dieses Assimilationsproducts *kleiner* sein, d. h. eine geringere Zahl von Atomen enthalten, als das Molecül der Kohlenfäure.

Die Meinung LIEBIG'S*), daß als erste Glieder dieser Stoffwechselreihe in der Pflanze Säuren gebildet werden, hat eine experimentelle Bestätigung nicht erfahren, sie bietet bei dem gegenwärtigen

*) An dieser Stelle mag auch der Hypothese von ERLÉNMEYER gedacht werden (Ber. d. d. chem. Ges. 1877, S. 634), wonach im Assimilationsprocess die Kohlenfäure in Ameisensäure und Wasserstoffsuperoxyd gespalten werden soll; durch Zersetzung des letzteren soll der ausgeschiedene Sauerstoff frei werden; auch sei es nicht undenkbar, daß die Ameisensäure noch weiter in Methylaldehyd und Wasserstoffsuperoxyd gespalten werde.

Standpunkte unserer chemischen Kenntnisse auch kaum theoretische Vorzüge dar. Dagegen ist inzwischen von anderer hervorragender Seite eine in hohem Grade beachtenswerthe Hypothese über den Proceß der Kohlenstoffassimilation in der Pflanze geäußert worden.

Es ist A. BAEYER, welcher die hier in Discussion gezogenen Fragen vom rein theoretisch-chemischen Standpunkte beleuchtet hat*). BAEYER geht von den Thatfachen aus, daß eine Zuckerart jedenfalls stets in engster Gefolgschaft der Kohlenäurezersetzung in der Pflanze gebildet wird, und daß es dem russischen Chemiker BUTLEROW**) gelungen war, einen zuckerartigen Körper zu gewinnen, als er eine wässrige Lösung von condensirtem Formaldehyd mit Alkalien behandelte; BAEYER baut hierauf die Hypothese, daß auch das in der lebenden Pflanze gebildete Zwischenglied zwischen Kohlenäure und Zucker nichts anderes als *Formaldehyd* COH_2 sein werde. Ueber den Verlauf des Processes selbst entwickelt BAEYER die folgende Vorstellung: »Wenn nun Sonnenlicht Chlorophyll trifft, welches mit CO_2 umgeben ist, so scheint die Kohlenäure dieselbe Dissociation wie in hoher Temperatur zu erleiden, es entweicht Sauerstoff und das Kohlenoxyd bleibt mit dem Chlorophyll verbunden. Die einfachste Reduction des Kohlenoxyds ist die zum Aldehyd der Ameisensäure, es braucht nur Wasserstoff aufzunehmen:

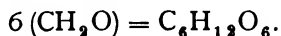


und dieser Aldehyd kann sich unter dem Einfluß des Zelleninhalts ebenso wie durch Alkalien in Zucker verwandeln. In der That, man hätte Mühe, nach der anderen Ansicht durch allmäligen Aufbau so einfach zu dem Ziele zu gelangen! Das Glycerin könnte ferner durch Condensation von drei Moleculen und Reduction des gebildeten Glycerinaldehyds entstehen.

*) A. BAEYER, Ueber die Wasserentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben und die Gärung. Ber. d. deutschen chem. Ges. III. S. 63. 1870.

**) Vgl. hierzu BUTLEROW, Lehrbuch der organischen Chemie, S. 267 u. S. 424. BUTLEROW kochte Oxymethylen einige Minuten mit Kalk- oder Barytwasser, um den von ihm als Methylenitan bezeichneten, zuckerartigen Körper zu erhalten.

Eine einfache Polymerisirung von 6 Molecülen Formaldehyd giebt direct Traubenzucker nach der Gleichung:



Hierzu verdient noch bemerkt zu werden, daß ungefähr gleichzeitig mit BAEYER auch KEKULÉ folgenden Auspruch gethan hat*): »Daß bei der vegetabilischen Synthese der Ameisenaldehyd häufig als Baumaterial dient, kann wohl kaum bezweifelt werden«.

Ich selbst bin durch eine hiervon abweichende theoretische Betrachtung zu dem gleichen Ergebniss in Bezug auf die Zersetzung der Kohlenfäure gelangt, wie BAEYER, möchte aber *meine* Argumentation für eine wesentlich bündigere halten. Bereits oben habe ich zwischen Reduction der Kohlenfäure und Synthese eines Zuckermolecüls streng unterschieden. Zur Herstellung des letzteren gebraucht man (ich verweise hier auf die soeben mitgetheilte Gleichung) mindestens 6 Molecüle Kohlenfäure, wobei jedes Molecül CO_3H_2 ein Molecül (zwei Atome) Sauerstoff verliert. Für eine Reduction der Kohlenfäure brauchen aber der Pflanze nicht immer gerade 6 Molecüle CO_3H_2 zur Verfügung zu stehen, dieselbe muß und wird auch eintreten, wenn nur 5, 2 oder gar nur 1 Molecül Kohlenfäure als vorhanden gedacht wird. Es ist chemisch nicht der leifeste Grund dafür einzusehen, warum eine Reduction der Kohlenfäure nur dann eintreten sollte, wenn 6 Molecüle derselben, gleichsam in Reih und Glied aufmarschiert, zur Stelle sind. Setzen wir einmal den Fall, daß eine grüne Pflanzenzelle ein einziges, isolirtes Kohlenfäuremolecül reducirte, — was für ein Reductionsproduct wird daraus entstehen? Die Antwort ist leicht. Bei der Bildung von Zucker aus Kohlenfäure wird auf jedes Molecül Kohlenfäure ein Molecül Sauerstoff ausgeschieden; um also das Reductionsproduct von *einem* Molecül Kohlenfäure zu finden, braucht man nur zwei Atome Sauerstoff von der Formel der Kohlenfäure zu subtrahiren und erhält dann in der Gleichung



wiederum Formaldehyd COH_2 als Reductionsproduct.

*) KEKULÉ, Ueber die Condensation der Aldehyde. Ber. d. deutschen chem. Gef. III. S. 135. 1870.

Da nun die theoretischen Betrachtungen übereinstimmend auf diese Verbindung hinweisen, da ferner ein so hervorragender Chemiker wie BUTLEROW die künstliche Synthese eines zuckerartigen Körpers aus Formaldehyd bekannt gemacht hat, so erscheint es allerdings sehr nahe gelegt, in dem Formaldehyd das Product der Kohlenstoffassimilation in der belichteten grünen Pflanzenzelle zu vermuthen. Denn meine theoretische Unterluchung führt zu dem Ergebniss, dafs, wenn das Molecül Kohlensäure CO_2 durch den Reductionsprocefs zwei Atome Sauerstoff verliert, *nur Formaldehyd als Reductionsproduct übrig bleiben kann*, folglich überall in der Pflanze, wo Kohlensäure reducirt wird, *COH_2 mit Nothwendigkeit entstehen mufs*; ein anderes Reductionsproduct ist bei Abspaltung von O_2 gar nicht denkbar. Dieser Schluss gilt unbedingt, sobald wir voraussetzen, dafs die Reduction von CO_2 der Synthese vorausgeht, und das umgekehrte Verhältnifs voraussetzen, scheint mir unsstatthaft zu sein. Es *kann* daher nach dieser Theorie der Assimilationsprocefs bei verschiedenen Pflanzen auch gar kein verschiedener sein, da ein anderes Assimilationsproduct als Formaldehyd geradezu als ausgeschlossen betrachtet werden mufs. Erst die Producte einer weiteren Synthese können bei verschiedenen Arten differente Verbindungen sein, die dann in jedem Falle bereits der progressiven Stoffmetamorphose in der betreffenden Pflanze, ihrem inneren Stoffwechsel, angehören.

Soweit die Theorie, welche den Formaldehyd CH_2O als Assimilationsproduct mit Nothwendigkeit fordert. Wenn diese Theorie zur wissenschaftlichen Gewifsheit werden soll, wird man zunächst den Nachweis der Bildung von Formaldehyd in grünen Pflanzentheilen unter dem Einflufs des Lichtes verlangen. Kann diesem Verlangen entsprochen werden? Ist dieser Nachweis überhaupt zu erbringen? Was ist von einem darauf bezüglichen Versuche zu erwarten? — Ich glaube, dafs es zweckmäfsig ist, über diese Fragen zur Klarheit zu gelangen, bevor man es unternimmt, nach Thatfachen zu suchen, welche der entwickelten Theorie zur Stütze gereichen könnten.

Der Formaldehyd CH_2O ist eine Verbindung, die nur bei hoher

Temperatur in Gasform zu existiren vermag. Bei niederen Temperaturen condensirt sich dieselbe sogleich zu einem polymeren Körper, dem *Oxymethylen* $C_3H_6O_3$, einer festen, krystallinischen Substanz, die bei 152° schmilzt und sich bereits unter 100° verflüchtigt. Wenn also die Pflanze Formaldehyd bildet, so wird derselbe als solcher nur im Moment der Erzeugung existiren und sogleich in den Strom der Synthese, zunächst durch einfache Polymerisirung, hineingerissen werden. So kann zunächst Oxymethylen entstehen, vielleicht auch andere niedere Producte der Polymerisirung, die man bislang nicht unterschieden hat; späterhin bilden sich dann Zucker u. a. Kohlenhydrate. Dafs auch das Hypochlorin zu den ersten Erzeugnissen einer solchen Synthese gehört, ist mir darum in hohem Grade wahrscheinlich, weil es eine allgemeine Eigenschaft der Aldehyde ist, sehr leicht in harzartige Körper überzugehen.

Wenn der Formaldehyd das Assimilationsproduct der Pflanze ist, so wird es demnach unmöglich sein, dasselbe direct nachzuweisen; man wird auf alle Fälle nur Producte seiner Polymerisirung, also der Synthese, auffinden können. *Practisch* wird somit die Grenze zwischen dem Assimilationsproduct in unserer obigen, strengen Fassung und den ersten Gliedern der inneren, progressiven Stoffmetamorphose sich nicht ziehen lassen. Dennoch darf erwartet werden, dafs in den Blättern assimilirender Pflanzen jene Producte der ersten Polymerisirungen sich werden auffinden lassen, welche noch die meisten Eigenschaften des Formaldehyds besitzen, z. B. nach Art der Aldehyde noch mit Wasserdämpfen flüchtig sind. Es ist auch denkbar, dafs solche condensirte Aldehydformen, wie Oxymethylen, in einigen Pflanzen zur Anhäufung gelangen, da man so häufig die Ansammlung gewisser Stoffe in einzelnen Pflanzen beobachtet, während dieselben bei anderen Arten sogleich wieder im Stoffwechsel verbraucht werden.

Der Versuch eines directen Nachweises von unmittelbaren Derivaten des Formaldehyds in grünen Pflanzen mußte sich zunächst auf folgende zwei Eigenschaften gründen, welche wenigstens den Aldehyden der niederen Glieder der Fettsäurereihe gemeinsam zukommen:

erstens auf die *Flüchtigkeit* dieser Verbindungen, zweitens auf ihr *starkes Reduktionsvermögen* verschiedenen Substanzen gegenüber.

Es war natürlich fraglich, ob meine Bemühungen Erfolg haben konnten, selbst wenn Formaldehyd, beziehungsweise Oxymethylen, durch Reduction von CO_3H_2 entstanden war, weil derselbe sogleich als Baustoff anderer Verbindungen vollständig verbraucht werden konnte, ohne sich im Geringsten anzusammeln. Allein bei seiner leichten Mischbarkeit mit Wasser*) war es wahrscheinlich, daß bei lebhafter Bildung desselben doch ein Theil aus den Chlorophyllbehältern in das Enchylema des Protoplasma und weiter in den Zellsaft der Zellen hinein diffundiren werde, und hier konnte er sich vielleicht eine Zeitlang unverändert erhalten, eventuell sogar in nicht grüne Theile der Pflanze hincinwandern. Auch mochte die in der Regel saure Reaction des Zellsafts conservirend auf den Formaldehyd wirken, da vielleicht die alkalische oder neutrale Reaction des Protoplasma und der Chlorophyllbehälter seine Umbildung in Zucker begünstigen, wie denn auch BUTLEROW seine Condensation durch Hülfe von Alkalien gelungen war**).

Durch diese Erwägungen schien mir die Methode der Untersuchung vorgezeichnet. Namentlich war mir die Beobachtung von MAGNES-LAHENS***) von Wichtigkeit, wonach der Aldehyd der Essigsäure auch alkalische Kupferlösung reducirt, während ich mich persönlich davon überzeugte, daß dem Propionaldehyd und Isobutyraldehyd die gleiche Eigenschaft zukommt. Unter diesen Umständen war nicht daran zu zweifeln, daß der Formaldehyd ein im Vergleich zu den übrigen Gliedern der Reihe besonders energisches Reduktionsvermögen gegen alkalische Kupferlösung besitzen werde.

*) Nach A. W. HOFMANN (Sitzungsber. der Berliner Akademie 1869, S. 367) ist Formaldehyd vollkommen löslich in Wasser und Alkohol, Oxymethylen in beiden unlöslich. Nach demselben Autor besitzt ferner Oxymethylen „einen äußerst schwachen Geruch“, während Formaldehyd penetrant aldehydartig riecht.

**) Vgl. hierzu auch WIESNER, die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze. S. 11 Anm. Wien 1877.

***) Journal de Pharmacie et de Chimie. 3. Série. T. 27. S. 37. (1855).

Nunmehr veranlaßte ich Herrn Stud. KRÄTSCHMAR, der sich in meinem Laboratorium gegenwärtig mit vergleichenden physiologisch-chemischen Studien beschäftigt und auf meinen Vorschlag im Zusammenhang mit den Grundgedanken der hier entwickelten Aufgabe eine Untersuchung über die Verbreitung Kupferoxyd reducirender Substanzen in den wässrigen Auszügen von Pflanzen, besonders auch von Thallophyten, begonnen hatte, — die durch Auspressen gewonnenen Pflanzensäfte nach vorhergegangener Neutralisation durch Natriumcarbonat der Destillation zu unterwerfen und das Destillat mit FEHLING'scher Lösung auf Reductionsvermögen zu prüfen.

Schon die ersten Versuche lieferten ein positives Ergebnis. Es zeigte sich, daß die *von den neutralisirten Pflanzensäften abdestillirten Flüssigkeiten meistens sehr deutlich Fehling'sche Lösung reducirten*, während in anderen Fällen das Reductionsvermögen kaum sicher nachweisbar war, in noch anderen Fällen aber eine so beträchtliche Abscheidung von Kupferoxydul erfolgte, daß man die aus dem Destillat von einer Handvoll Blätter erhaltene Quantität zu wägen vermocht hätte; die Blätter von Populus, Salix und Vitis lieferten bis jetzt die größte Ausbeute. Hierbei ist bemerkenswerth, daß bei den meisten Pflanzen nur die ersten Cubikcentimeter Destillat, welche aus einem größeren Kolben mit Saft aus Blättern gewonnen waren, Reductionsvermögen zeigen, während die späteren Fractionen sich unwirksam erweisen. Aus dem Destillat des Saftes von Pappelblättern dagegen reducirt die letzte Fraction eines Kolbens noch ungefähr ebenso intensiv als die erste. Danach kommen in verschiedenen Pflanzen verschiedene Modificationen der Substanz von verschiedener Flüchtigkeit vor.

Es galt nun zunächst festzustellen, ob diese flüchtige, Kupferoxyd reducirende Substanz auch die übrigen Eigenschaften der Aldehyde besitze. Von vorn herein mußte dies als wahrscheinlich gelten, weil andere *flüchtige* Substanzen, welche Kupferoxyd reduciren, bis jetzt nicht bekannt geworden sind. Für die Ausführung von Reactionen stellte ich mir ein Destillat von einer größeren Quantität Pappelblätter her.

Dieselben wurden unter Hinzufügung von ein wenig Wasser in einer Fleischzerkleinerungsmaschine zermahlen, dann der Saft abgepresst und destillirt. Das neutrale, farblose Destillat besaß einen theils obstartigen, theils ganz schwach aldehydartigen Geruch. Es schieden sich Flocken und feine Körnchen in demselben aus, die beim Erwärmen verschwanden, um nach dem Erkalten wieder aufzutreten. Die Reactionen traten sämmtlich sowohl in dem filtrirten, wie in dem nicht filtrirten Destillate ein.

Zunächst versetzte ich die erste Fraction dieses Destillats mit etwas Fuchsinlösung, welche durch schweflige Säure entfärbt war; nach kurzer Zeit war die anfangs völlig farblose Flüssigkeit schön bläulich-purpurroth gefärbt. Beachtenswerth ist aber, daß die späteren Fractionen des Destillats diese Fähigkeit, entfärbte Fuchsinlösung zu färben, nicht zeigen. Darauf fügte ich zu einer kleinen Menge von Destillat*) Silbernitrat mit Ammoniumhydroxyd: sofort trat eine Reduction ein, welche sich durch Ausscheidung von Silber zu erkennen gab, und nach leichtem Erwärmen überzogen sich die Wände des Probirröhrchens mit einem dichten Silber Spiegel.

Die vier erwähnten Eigenschaften: Flüchtigkeit, Reduction von Silbernitrat bei Gegenwart von Ammoniumhydroxyd, Reduction von FEHLING'scher Lösung und z. Th. Purpurfärbung einer durch schweflige Säure farblos gemachten Fuchsinlösung — lassen keinen Zweifel mehr darüber, daß wir es in dem uns interessirenden Körper mit einer *aldehydartigen Substanz* zu thun haben, und zwar voraussichtlich mit einem Abkömmlinge eines der niedrigsten Glieder der Fettsäurereihe.

Speciell für Formaldehyd beziehungsweise Oxymethylen werden in der Literatur nur zwei besondere Reactionen erwähnt. Einmal findet sich die Angabe bei HOFMANN**), daß durch Formaldehyd »Silberfälsche mit größerer Leichtigkeit und Sicherheit« reducirt werden, als durch Acetaldehyd. Sodann finde ich bei BUTLEROW die Notiz,

*) Weil dasselbe von dem schwach alkalisch gemachten Pflanzenfasse abdestillirt war, konnte natürlich keine Spur von Ameisensäure darin enthalten sein.

**) A. W. HOFMANN in Ber. der deutsch. chem. Ges. II. S. 159. 1869.

daß, wenn Oxymethylen mit Kalk- oder Barytwasser gekocht wird, eine Gelbfärbung der Lösung (unter Bildung von Methylenitan) eintritt.

Da die Substanz die allgemeinen Aldehyd-Reactionen zeigte, so war es mir wünschenswerth, das Verhalten der Aldehyde der niederen Fettsäuren verschiedenen Reagentien gegenüber einer vergleichenden Prüfung zu unterziehen, und verschaffte ich mir deswegen (von Herrn KAHLBAUM in Berlin) möglichst reine Präparate von Acetaldehyd, Propionaldehyd und Isobutyraldehyd; den Valeraldehyd habe ich nicht mehr berücksichtigt, weil derselbe bereits in Spuren durch seinen charakteristischen Geruch sich zu erkennen geben würde. Die Versuche zeigten, wie zu erwarten war, daß Isobutyraldehyd und Propionaldehyd ebenso alkalische Kupferlösungen reducirten, ebenso mit Silberlösung und Ammoniumhydroxyd (am besten unter Zusatz von einer Spur Natriumhydroxyd) beim Erwärmen eine reichliche Silberausscheidung bewirkten und ebenso die Fuchsinfärbung wiederherstellten, wie der Acetaldehyd. Characteristisch ist dagegen für die einzelnen Aldehyde ihr Verhalten gegen Natriumhydroxyd. In allen Fällen wurden einige Tropfen Aldehyd in 3 bis 4 *ccm* destillirtem Wasser gelöst und dann im Probirröhrchen mit etwas Natriumhydroxyd versetzt. Beim Isobutyraldehyd erfolgte in der Kälte nach kurzer Zeit ein weißer, suspendirt bleibender Niederschlag, welcher beim Kochen bis auf eine geringe Trübung wieder verschwand, ohne daß dabei Gelbfärbung der Flüssigkeit eingetreten wäre. Die Lösung des Propionaldehyd blieb auf Zusatz der Natronlauge vollkommen klar, beim Kochen dagegen färbte sie sich schwach citronengelb, erst nach längerem Stehen zeigte sich eine Trübung. Auch der Acetaldehyd bleibt auf Zusatz des Natriumhydroxyd zunächst vollkommen klar und farblos, beim Kochen färbt dann die Lösung sich erst fettgelb, darauf tief orangegelb, während sie gleichzeitig durch Ausscheidung eines harzartigen Körpers ein emulsionsartiges Aussehen annimmt; bei Gegenwart einer beträchtlicheren Menge Aldehyd ballt sich das Harz zu größeren Klumpen zusammen.

Als ich nunmehr das aus den Blättern erhaltene Destillat mit Natriumhydroxyd versetzte, trat in der Kälte schwache Gelbfärbung ein, die beim Kochen in Rothgelb überging, ohne dafs sich etwas ausgeschieden hätte. Schon dadurch scheint mir die Verschiedenheit dieser Substanz vom Acetaldehyd hinlänglich dargethan zu werden.

Wenn ich das Destillat mit Calcium- oder Baryumhydroxyd versetzte, so zeigte sich in der Kälte ebenfalls eine schwache Gelbfärbung, die beim Erwärmen in ein schmutziges Röthlichgelb überging, während gleichzeitig ein flockiger Niederschlag entstand. Ferner zeigte sich beim Erwärmen mit Ammoniumhydroxyd und Silberlösung *sofort* die Auscheidung eines Silberspiegels auf der Wand des Probirröhrchens, während diese Erscheinung ohne Zuhülfenahme von Natriumhydroxyd bei den übrigen drei Aldehyden keineswegs sogleich und mit Sicherheit erzielt wird.

Endlich gelang es mir, ein anderweitiges, sehr bemerkenswerthes Verhalten meiner Substanz gegen Silberlösung zu beobachten. Wenn man von dem Destillat aus Pappelblättern eine Probe mit ein paar Tropfen Silbernitratlösung versetzt, *so beginnt ohne jeden Zusatz von Alkali nach wenigen Minuten in der Kälte eine Reduction des Silberfalzes einzutreten*, die bald einen dicken schwarzen Niederschlag liefert. Dies thut keiner der drei anderen Aldehyde, auch nicht nach längerem Stehen mit Silberlösung; Ameisensäure, die wegen der vollkommen neutralen Reaction des Destillats übrigens auch ausgeschlossen wäre, ruft diese Reduction nur beim Kochen hervor. Wir haben hierin somit eine Reaction, welche die aldehydartige Substanz scharf von den übrigen Aldehyden der Fettsäurereihe unterscheidet, und jedenfalls ist der Schluss gestattet, dafs die Substanz Silberfalze viel leichter und energischer reducirt als die drei übrigen Aldehyde.

Ein genaueres chemisches Studium der hier von mir vorläufig als *aldehydartige Substanz* bezeichneten Verbindung wird immerhin eine ziemlich umständliche Aufgabe sein. Da bereits die Herstellung des Körpers im Grofsen aus Pappel- oder Weidenblättern und seine Trennung vom Wasser Einrichtungen und Apparate von solchen Di-

mentionen voraussetzt, wie sie in meinem Laboratorium nicht vorhanden sind, so möchte ich die nähere Untersuchung der Substanz gerne den Chemikern von Fach überlassen, und dazu anzuregen, ist der Zweck dieser vorläufigen Mittheilung. Am ehesten sollte man erwarten, daß es gelingen werde, den fraglichen Körper durch Oxydation in Ameisensäure überzuführen. Allein dies ist weniger einfach, als man denkt, weil bei derartigen Versuchen auch die Ameisensäure in der Regel gleich zu Kohlensäure verbrannt wird. Nur als ich eine Portion der meine Substanz enthaltenden wässrigen Flüssigkeit mit FEHLING'scher Lösung kochte, erhielt ich aus der mit Schwefelsäure angeäuerten Flüssigkeit ein Destillat, welches nach Zusatz von ein paar Tropfen Natriumcarbonat auf dem Wasserbade zur Trockne gedampft, dann mit wenig Wasser aufgenommen und mit Phosphorsäure angeäuert, nunmehr ein zweites Destillat lieferte, das deutlich Lacmuspapier röthete und zugleich Silberlösung beim Erwärmen reducirte. Somit scheint bei der Oxydation durch Kupferoxyd doch eine geringe Menge von Ameisensäure gebildet zu werden.

Die verschiedenen, vorstehend angeführten Eigenschaften rufen in mir aber die Vermuthung hervor, daß in der flüchtigen reducirenden Substanz der Pflanzenblätter ein Condensationsproduct des Formaldehyd oder eine einfache Verbindung eines solchen vorliegt.

Den Beziehungen der Substanz zur Pflanze werde ich in Gemeinschaft mit Herrn KRÄTSCHMAR weiter nachgehen. Daß auch diese keine ganz einfachen sind, davon habe ich mich bereits überzeugt. Denn bei den Weidenarten findet sich der Körper nicht bloß in den Blättern, sondern auch in den Wurzeln, und als Weidenzweige eine Woche lang im Dunkeln standen, war derselbe keineswegs etwa aus den Blättern verschwunden. Doch kommt bei diesen Pflanzen hauptsächlich die weniger flüchtige Modification der Substanz in Betracht; bei anderen Species, in denen ausschließlich die flüchtigere, nur in den ersten CCm Destillat enthaltene Form sich findet, scheint die Bildung derselben allerdings vom Lichte abhängig zu sein.

Immerhin glaube ich, daß eine enge Beziehung zwischen dieser

Substanz und dem Assimilationsproceß des Kohlenstoffs besteht; und meine Ueberzeugung, daß Formaldehyd das Assimilationsproduct sein müsse, erfährt durch die Auffindung derselben eine wesentliche Stütze. Wie schon oben bemerkt wurde, ist es sehr wohl vorstellbar, daß in einzelnen Pflanzen diese Substanz vermöge einer specifischen Eigenschaft des Protoplasma zur dauernden Anhäufung gelangt, dabei vielleicht irgend eine Art von Verbindung eingehend, dann kann sie sich auch bis in die Wurzeln verbreiten.

Uebrigens fällt auch dem Formaldehyd vielleicht eine viel weiter gehende Bethheiligung an der Synthese der Bestandtheile des Protoplasma zu, als der bloße Aufbau von Kohlehydraten; ich verweise dafür auf die oben S. 154 von mir ausführlich citirte Arbeit von OSCAR LOEW. —

Nur die dynamischen Beziehungen des Assimilationsprocesses mögen zum Schlusse noch hervorgehoben werden, als ein für die Illustration der in der vorigen Abhandlung S. 124 ff. entwickelten Principien besonders geeignetes Beispiel.

Wenn die Sonnenstrahlen im chlorophyllhaltigen Protoplasma ein Molecül CO_3H_2 zu COH_2 reduciren, so leisten sie am System des Protoplasma eine Arbeit, welche die Energie desselben um den Betrag der Verbrennungswärme von COH_2 erhöht. Dieser Energie-Zuwachs wird aus dem Energie-Inhalt der Sonne auf das Protoplasma übertragen. Die im Protoplasma erzeugte Energie ist zunächst eine potentielle. Während nun die Atomgruppe CO_3H_2 in Beziehung zu Sauerstoff den stabilen Gleichgewichtszustand repräsentirt, befindet sich COH_2 gegen O im labilen Gleichgewicht: man braucht nur die geeigneten Bedingungen herbeizuführen, und COH_2 verbrennt unter Aufnahme von O_2 zu CO_3H_2 . Hierbei verwandelt sich die durch das Molecül COH_2 repräsentirte potentielle Energie in kinetische Energie, welche für innere Arbeitsleistung im Protoplasma disponibel wird.

Betrachten wir jetzt die gesammte Pflanzen- und Thierwelt unter dem Bilde eines einzigen materiellen Systems, an welchem die Sonne jene erwähnte Arbeit durch Reduction von CO_3H_2 zu COH_2 ver-

richtet, so wird der nöthige Bewegungszustand des Systems so lange unterhalten, als die Sonne eine genügende Quantität von CO_2H_2 zersetzt. Die Sonne aber ist die Spenderin, welche durch ihre Strahlen die in den lebenden Geschöpfen zu Tage tretende Energie auf unseren Planeten hinabsendet.

Infofern gestaltet dieser Proceß sich in Wirklichkeit verwickelter, als wir die Welt der Organismen nicht als einen gegebenen, fertigen Apparat von bestimmter Configuration behandeln dürfen, sondern weil dieser Apparat selbst einem beständigen Wechsel unterworfen ist durch Zerstörung seiner eigenen Substanz und seiner Neubildung aus Abkömmlingen eben jener Atomgruppe COH_2 . Hierdurch gewinnt der Formaldehyd eine weitere hohe Bedeutung für die Welt des Lebens, als Anfangsglied der Erzeugnisse des Stoffwechsels. Dafür sind freilich außer ihm noch andere Substanzen nöthig; wären die Körper der Organismen fertig gegeben und nicht dem Stoffwechsel unterworfen, so würde die Bildung von Formaldehyd beziehungsweise seiner nächsten Condensationsproducte genügen, um die das Leben zusammensetzenden Bewegungen zu unterhalten. —

Die vorstehenden Darlegungen erheben nicht den Anspruch, das Assimilationsproblem gelöst zu haben; u. A. bleibt z. B. die Rolle des Protoplasma bei der Reduction der Kohlenäure ganz unberührt. Allein ich glaube, daß sie einen Fortschritt zu seiner Lösung bringen, wenn es auch noch langer und andauernder Arbeit bedürfen wird, bis wir am Ziele stehen. Immerhin scheint mir die Vorstellung, welche Formaldehyd als das Reductionsproduct der Kohlenäure fordert, die einzige zu sein, welche nicht in dem einen oder dem andern Punkte mit Thatfachen — z. B. mit der Moleculargröße der Kohlenäure — in Widerspruch geräth.



Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Schönebergerstr. 17 a.

UNTERSUCHUNGEN
AUS DEM
BOTANISCHEN LABORATORIUM
DER
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.

HERAUSGEGEBEN VON
DR. J. REINKE,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.



DRITTES HEFT.
STUDIEN ÜBER DAS PROTOPLASMA II.

BERLIN 1883.
VERLAG VON PAUL PAREY.

STUDIEN ÜBER DAS PROTOPLASMA.

ZWEITE FOLGE.

I. Ein Beitrag zur physiologischen Chemie von *Aethalium septicum*.

Von J. REINKE.

II. Die Kohlenstoffassimilation im chlorophylllosen Protoplasma.

Von J. REINKE.

III. Ueber Turgescenz und Vacuolenbildung im Protoplasma.

Von J. REINKE.

IV. Ueber das Vorkommen und die Verbreitung flüchtiger reducirender
Substanzen im Pflanzenreiche.

Von J. REINKE und L. KRÄTZSCHMAR.



BERLIN 1883.

VERLAG VON PAUL PAREY.

Vorbemerkung.

Das hiermit dem botanischen Publicum übergebene dritte Heft der »Untersuchungen« bildet den Schluß des ganzen literarischen Unternehmens. Dasselbe war ins Leben getreten zu einer Zeit, wo das für Veröffentlichungen bestimmte Material sich derartig häufte, daß es in den Zeitschriften schwierig unterzubringen war. Diese Schwierigkeit besteht zur Zeit nicht mehr, und fällt dadurch das Hauptmotiv für das selbständige Erscheinen der »Untersuchungen« hinweg. Ein Nebenzweck dieser Publikationen kann ebenfalls als erledigt angesehen werden, ich meine die Einführung des Göttinger Instituts als eines Instrumentes wissenschaftlicher Forschung unter die älteren Anstalten, welche gleichen Zielen dienen — und daher finde ich keine Veranlassung, diese Serien selbständig erscheinender Abhandlungen fortzusetzen. Möchten die herausgegebenen drei Hefte wenigstens die Anerkennung bei ihren Lesern finden, daß sie in redlichem Bemühen Versuche bringen, unsere positiven Kenntnisse von der Pflanze in einigen Punkten zu erweitern.

Das vorliegende dritte Heft enthält im Wesentlichen nur Ergänzungen zu dem Inhalt des zweiten; zu einer abschließenden Durchführung konnte die Bearbeitung der bezüglichlichen Probleme in keinem Falle gelangen, sie liefert nur Material in Bruchstücken für eine künftige, klarere Erkenntnis dieser Dinge.

Göttingen, im März 1883.

Reinke.

I.

Ein Beitrag zur physiologischen Chemie

von

Aethalium septicum.

Von

J. Reinke.

I.

Ein Beitrag zur physiologischen Chemie von *Aethalium septicum*.

Von

J. Reinke.

Der Umstand, daß in den Endproducten des vegetabilischen Stoffwechsels Körper von hohem Moleculargewicht und vom Character der Anhydride entschieden vorwalten, deutet darauf hin, daß die progressive Stoffmetamorphose vorwiegend besteht in einer ätherartigen Verknüpfung von Moleculen gewisser Substanzen, die als Baustoffe höherer und niederer Ordnung in Betracht kommen; die Annahme, daß solche ätherartigen Verbindungen namentlich in den Stoffen der protoplasmatischen Gerüstsubstanz und in den Substanzen der Zellwand vorliegen, dürfte wohl kaum auf Widerspruch stoßen. Es ist danach insbesondere auch zu vermuthen, daß ein solcher ätherarthiger Körper im *Plastin* vorliegt, und zwar scheint es mir nahe zu liegen, in demselben ein Product der Synthese aus einem Eiweißstoff und einem Nuclein, unter Eintritt einer größeren stickstofffreien Gruppe zu erblicken. Die Verwandtschaft des Plastins mit den Nucleinen wird durch seinen Phosphorgehalt dargethan, der Eintritt einer stickstofffreien Gruppe durch den Mindergehalt an Stickstoff; durch seine Unlöslichkeit in verdünnten Alkalien ist das Plastin von den Nucleinen unterschieden.

Neuere, von meinem Assistenten Hrn. Dr. FRÖCHTLING ausgeführte Analysen des Plastins bestätigen den Gehalt von rund 12pCt. Stickstoff für diese Substanz und haben ferner ergeben: für Schwefel

0.33 pCt., für Phosphor 2,15 pCt. *) Das Platinpräparat war durch Auswaschen des frischen Prefsrückstandes des Protoplasma mit ganz verdünnter Kalilauge von Nuclein möglichst befreit worden. Soweit sich nach den bisherigen Erfahrungen übersehen läßt, ist das Platin ein einheitlicher, molecular zusammenhängender Atomcomplex, der allerdings nicht absolut, aber doch in ähnlichem Grade rein erhalten wurde, wie z. B. alle bis jetzt analysirten Nuclein-Präparate.

Es werden nach diesen und früheren**) Untersuchungen sich folgende procentische Werthe für die Zusammensetzung des Platins ergeben:

C . . .	= 53,50
H . . .	= 7,22
N . . .	= 12,0
P . . .	= 2,15
S . . .	= 0,33
O . . .	= 24,81.

Dividiren wir diese Werthe durch die Aequivalente, so erhalten wir folgende Verhältniszahlen:

C . . .	= 4,46
H . . .	= 7,22
N . . .	= 0,86
P . . .	= 0,07
S . . .	= 0,01
O . . .	= 1,55

Machen wir die Voraussetzung, daß im Platin-Molecul 1 Atom

*) *Schwefelbestimmung;*

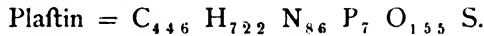
- I. 1,3630 g. Platin lieferte mit Soda und Salpeter geschmolzen 0,0360 g Bariumsulfat entsprechend 0,36 pCt. S.
- II. 1,2995 g Platin lieferten 0,0286 g Bariumsulfat entsprechend 0,30 pCt. S.

Phosphorbestimmung:

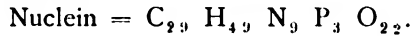
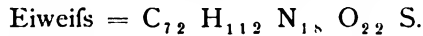
- I. 1,2995 g Platin gaben mit Soda und Salpeter geschmolzen 0,0970 g Magnesiumpyrophosphat entsprechend 2,08 pCt. P.
- II. 0,9618 g Platin gaben 0,0765 g Magnesiumpyrophosphat entsprechend 2,22 pCt. P.

**) Vgl. Studien über das Protoplasma I. S. 50. Dasselbst ist auch die Darstellung des Platins aus dem Protoplasma von Aethalium angegeben.

Schwefel enthalten sei, so würde danach folgender empirisch-stöchiometrischer Ausdruck herauskommen:



Diesem Ausdrucke kommt natürlich keine weitere Bedeutung zu, als daß er die Vergleichung mit der Zusammensetzung der Eiweißstoffe und Nucleine ermöglicht; die für diese letzteren Verbindungen von LIEBERKUEHN und von MIESCHER berechneten Formeln lauten:



Nehmen wir nun an, daß in das Molekül des Plattins zwei Nucleinmoleküle eingetreten sind, und berechnen wir für den Rest nach seinem Stickstoffgehalt als weitere Componenten 4 Eiweißmoleküle, so bleibt ein stickstofffreier und sauerstoffarmer Rest von $\text{C} = 100$, $\text{H} = 176$, $\text{O} = 23$, welcher ganz gut gedeutet werden kann auf eine größere Zahl von Molekülen einer Fettsäure (der Reihe der Stearinsäure oder der Oelsäure), welche unter Wasserverlust sich aneinander gefügt haben.

Natürlich können diese Andeutungen keinen weiteren Werth beanspruchen, als daß sie vielleicht geeignet sind, einen Gesichtspunkt für weitere Forschungen in der bezeichneten Richtung zu gewähren.

* * *

Es schien nun aus verschiedenen Gründen wünschenswerth zu sein, eine vergleichende Untersuchung auszuführen über den Gehalt an chemisch gebundenem Wasser, welchen *Aethalium septicum* im protoplasmatischen und im Zustande der Sporenreife besitzt.*)

Die auffallendste Veränderung, welche die Substanz des *Aethalium* in dieser Umwandlung erfährt, besteht offenbar in der Bildung der Zellwände um den aus Protoplasma bestehenden Antheil der Sporen; daß für jede Spore einer der vielen Kerne des Plasmodiums das organische Centrum bildet, ist eine naheliegende Vermuthung. Von

* Schon BAEYER hat zu einer derartigen Untersuchung Anregung gegeben. — Vergl. Bericht d. d. chem. Ges. 1870. S. 63.

den Capillitiumfasern und der Rindenschicht des Fruchtkörpers dürfen wir wohl annehmen, daß ihre Substanz derjenigen der Sporenwand gleicht.

Wenn die Bildung dieser Wandsubstanzen einen Condensationsvorgang unter Wasserabspaltung darstellt, so würden wir in dem eventuell zu beobachtenden Mindergehalt der Trockensubstanz der reifen Fruchtkörper an Wasserstoff gegenüber der Trockensubstanz des Protoplasma nur dann ein Maß für die Menge des bei der Wandbildung abgespaltenen Wassers besitzen, wenn wir sicher wüßten, daß nicht auch ähnliche Condensationen beim Uebergang des beweglichen Protoplasma in die ruhende Inhaltsmasse der Sporen vorkämen; darüber wissen wir aber gar nichts. Schon dieser Umstand verbietet es, ohne Weiteres beobachtete Differenzen nur auf die Bildung der Zellwände als alleinigen Grund zurückzuführen. Dann kommt noch hinzu, daß die in Betracht kommenden Substanzen nur bei niedriger Temperatur durch sehr langes Verweilen über Schwefelsäure getrocknet werden können; hat man durch diese Procedur endlich ein constantes Gewicht erreicht, so muß man die Voraussetzung machen, daß die beiden zu vergleichenden Substanzgemenge noch einen gleich großen, (jedenfalls sehr kleinen,) Rest von hygroskopisch gebundenem Wasser enthalten. Auf jeden Fall entweichen aber auch über Schwefelsäure auch geringe Mengen anderer flüchtiger Stoffe, als Wasser, sicher z. B. Ammoniumcarbonat, und hier müssen wir die gleiche Voraussetzung machen, d. h. daß aus dem Protoplasma und aus den Sporen gleich viel davon entweichen. Endlich konnte pulvarisierbare Trockensubstanz des Protoplasma nur dadurch erhalten werden, daß dasselbe erst in Alcohol erhärtet und dann der Alcohol bei etwa 80° C. verjagt wurde. Alle diese Umstände schließen Fehlerquellen ein, welche sich nicht beseitigen lassen, und durch welche die Unsicherheit des Resultats zunimmt. Wir werden daher aus den Bestimmungen nur einen Schluß auf Wasserabspaltung ziehen dürfen, wenn sich *erhebliche* Differenzen im Wasserstoffgehalt ergeben, deren Größe die genannten Fehlerquellen trägt, und in dem Ergebniss nicht ein *quantitatives* Maß, sondern nur die *qualitative* Constatirung einer Bewegung des chemisch gebundenen Wassers erblicken dürfen.

Um der bezeichneten Frage nach dem Verhalten des Wassers bei der Sporenbildung näher zu treten, habe ich dieselbe folgendermaßen präcisiert:

- a) Wie viele Gewichtstheile Wasserstoff kommen sowohl in der verbrennlichen Trockensubstanz des Protoplasma als auch in derjenigen der Sporen auf 100 Gewichtstheile Kohlenstoff.
- b) Wie groß ist die Differenz des Quotienten $\frac{C}{H}$ zwischen Protoplasma und Sporen.

Als Ausgangsmaterial diente lufttrocknes Protoplasma und lufttrockne Substanz reifer Fruchtkörper. Die für die Untersuchung nöthigen Analysen wurden von meinem Assistenten, Herrn Dr. FRÜCHTLING, ausgeführt.

A) Protoplasma.

Es ward zunächst eine Bestimmung des gesammten Kohlenstoffs und des Wasserstoffs durch Verbrennung mit Bleichromat und Kaliumpyrochromat ausgeführt.

Bestimmung	I	ergab	. . .	30,72 pCt. C,
	II	„	. . .	30,66 „ „
				<hr/>
		im Mittel		33,69 pCt. C.
Bestimmung	I	ergab	. . .	5,42 pCt. H,
	II	„	. . .	5,39 „ „
				<hr/>
		im Mittel		5,40 pCt. H.

Dann ward der im Protoplasma in Form von Kohlenäure (Carbonaten) enthaltene Kohlenstoff durch eine Kohlenäurebestimmung festgestellt.

Bestimmung	I	ergab	. . .	4,29 pCt. C,
	II	„	. . .	4,32 „ „
				<hr/>
		im Mittel		4,30 pCt. C als Kohlenäure.

Danach betrug der in *verbrennlicher Form* im Protoplasma von Aethalium enthaltene Kohlenstoff $30,69 - 4,30 = 26,39$ pCt. C in der lufttrockenen aschenhaltigen Substanz.

Die Aschenbestimmung gab folgende Werthe:

I. . .	38,31 pCt.
II. . .	38,26 „
<hr/>	
im Mittel	38,28 pCt. Afche.

Nunmehr ward zu einer Bestimmung des hygroskopisch gebundenen Waffers gefchritten, in der Weise, daß die lufttrockene Substanz solange bei Zimmertemperatur über Schwefelsäure aufbewahrt wird, bis sie keine Gewichtsabnahme mehr erkennen läßt; der hierbei stattgehabte Gewichtsverlust wurde notirt.

Bestimmung I ergab . .	4,59 pCt. H ₂ O,
„ II „ . .	4,69 „ „
<hr/>	
im Mittel	4,64 pCt.

hygroskopisch gebundenes Wasser im lufttrockenen Protoplasma.

Jetzt konnte die verbrennliche Substanz des Protoplasma berechnet werden; in demselben waren enthalten:

38,28 pCt. Afche
4,64 „ Wasser
<hr/>
zusammen 42,92 pCt.

$100,00 - 42,92 = 57,08$ *verbrennliche Substanz* im lufttrockenen Protoplasma.

Da nun in 57,08 Theilen verbrennlicher Substanz 26,39 Theile Kohlenstoff enthalten sind, so berechnet sich für 100 Theile verbrennlicher Substanz **46,23 pCt. Kohlenstoff.**

Bei der obigen Wasserstoffbestimmung im *lufttrockenen* Protoplasma war der Wasserstoff des hygroskopisch gebundenen Waffers mit enthalten gewesen. Nun enthalten 4,69 Gewichtstheile Wasser 0,52 Gewichtstheile Wasserstoff, die von dem durch die Verbrennung gewonnenen Werthe 5,40 in Abzug gebracht 4,88 pCt. H in organischer Bindung im lufttrockenen Protoplasma ergeben.

Sind nun in 57,08 Theilen verbrennlicher Substanz 4,88 Theile Wasserstoff enthalten, so ergibt dies für 100 Theile verbrennliche Substanz **8,55 pCt. Wasserstoff.**

B. Reife Fruchtkörper.

Gesammt-Kohlenstoff.

Bestimmung I	33,72 pCt.
„ II	33,34 „
<hr/>	
im Mittel	33,53 pCt. C.

Gesammt-Wasserstoff.

Bestimmung I	4,96 pCt.
„ II	4,72 „
<hr/>	
im Mittel	4,84 pCt. H.

Kohlenstoff als Kohlensäure.

I	5,20 pCt.
II	5,31 „
<hr/>	
im Mittel	5,25 pCt. C.

Danach beträgt der Kohlenstoff in verbrennlicher Form:

$$33,53 - 5,25 = 28,28 \text{ pCt. C.}$$

in luftrockener, aschenhaltiger Substanz.

Aschenbestimmung.

I	39,14 pCt.
II	39,18 „
<hr/>	
im Mittel	39,16 pCt.

Wasserbestimmung.

Durch Trocknen über Schwefelsäure verlor die Substanz:

I	7,10 pCt.
II	7,14 „
<hr/>	
im Mittel	7,13 pCt.

In der lufttrockenen Substanz waren enthalten an Asche und Wasser $39,16 + 7,13 = 46,29$ pCt., mithin an *verbrennlicher Substanz* 53,71 pCt.

Für 100 Theile verbrennlicher Substanz berechnet sich jetzt ein Gehalt von **52,65 pCt. Kohlenstoff.**

Da der Wasserstoff des hygroskopisch gebundenen Wassers der

Gesammtsubstanz 0,79 Gewichtstheile ausmacht, so erhalten wir für den Wasserstoff in verbrennlicher Form $4,84 - 0,79 = 4,05$ pCt.

Hiernach berechnet sich der Wasserstoffgehalt auf 100 Theile verbrennlicher Substanz zu **7,56 pCt. Wasserstoff.**

C. Das gesuchte Verhältniß.

Im *Protoplasma* kommen auf 46,23 Gewichtstheile Kohlenstoff 8,55 Gewichtstheile Wasserstoff, mithin auf 100 Gewichtstheile Kohlenstoff:

18,49 Gewichtstheile Wasserstoff.

In den reifen Fruchtkörpern kommen auf 52,65 Gewichtstheile Kohlenstoff 7,56 Gewichtstheile Wasserstoff, mithin auf 100 Gewichtstheile Kohlenstoff:

14,32 Gewichtstheile Wasserstoff.

Demnach hat bei der Sporenbildung ein Verlust von 4,17 Gewichtstheilen Wasserstoff in verbrennlicher Form auf je 100 Gewichtstheile Kohlenstoff stattgefunden; oder auf 100 Atome Kohlenstoff ein Verlust von 50 Atomen Wasserstoff, beziehungsweise von 25 Moleculen Wasser.

Würden wir diesen Werth gänzlich auf Rechnung von Anhydridbildung setzen, so entspräche der Wasserstoffverlust genau dem procentischen Wasserstoffverlust bei der Bildung von Aethylacetat aus Aethylalcohol und Essigsäure. Da aber die anhydritbildenden Substanzen im Protoplasma durchschnittlich sicher ein viel größeres Moleculargewicht besitzen, beziehungsweise viel mehr Kohlenstoffatome im Molecul enthalten, als Aethylalcohol und Essigsäure, so kann nicht daran gezweifelt werden, *dafs der gefundene Werth des Verlustes an Wasserstoff zu groß ist*, um allein auf äußere Anhydridbildung entfallen zu können, doch kann auch *intramoleculare* Anhydridbildung im Spiele sein.

Wenn wir aber auch annehmen, dafs die Eingangs erwähnten Fehlerquellen der Untersuchung alle in dem Sinne gewirkt haben, die gefundene Differenz im Wasserstoffgehalt zwischen Protoplasma und Substanz der Fruchtkörper zu vergrößern, so wird man doch nicht umhin können, in dieser Beobachtungsreihe ein sprechendes

Zeugnifs dafür zu erblicken, dafs Proceffe der Waſſerabſpaltung beim Uebergang des beweglichen Protoplasma in den ruhenden Zuſtand der Sporen in hervorragender Weiſe thätig fein müſſen; denn der gefundene Waſſerverluſt iſt viel zu bedeutend, als dafs die erhaltene Differenz durch die Fehlerquellen gedeckt werden könnte.

Dies Ergebnifs iſt wenig günstig der Hypotheſe, dafs die membranbildenden Subſtanzen der Pflanzenzelle durch »Abſpaltung« aus Eiweiſſtoffen entſtehen ſollen. Wenn ſolche direkte Abſpaltungen von Kohlehydraten aus Eiweiſſkörpern vorkommen ſollten, ſo würden ſie wahrſcheinlich mit Hydratation, auf keinen Fall aber mit Dehydratation verbunden ſein. Es iſt die erwähnte Hypotheſe, zu deren Gunſten ich Thatſachen nicht anzuführen wüſte, biſlang nichts weiter als ein Ausfluſs des Dogma von der Omnipotenz des Eiweiſſ, das leider immer noch in der Pflanzenphyſiologie ſein Haupt hoch hält. Auch ich zweifle keineswegs daran, dafs die Eiweiſſſtoffe zu den wichtigſten chemiſchen Trägern des Lebensproceſſes gehören; aber ſo leicht möchte ich mir die Löſung der phyſiologiſchen Probleme nicht machen, dafs ich für jeden, vor der Hand in ſeinen Urfachen nicht überſehbaren Prozeß die Erklärung bereit hielte: das hat das Eiweiſſ gethan. Ohne dem Eiweiſſ die Wichtigkeit ſeiner, bis jetzt allerdings noch größtentheils unerkannten Bedeutung ſchmälern zu wollen, glaube ich meinerſeits, dafs *das Plaſtin in viel höherem Maſſe als die Eiweiſſkörper die eigentliche chemiſche Grundlage des lebens-thätigen Protoplasma ausmacht*, und dafs daſſelbe in keiner Pflanzenzelle fehlt, geht aus dem Umſtande hervor, dafs in allen Pflanzenzellen nach Behandlung mit Löſungsmitteln für Eiweiſſſtoffe, Nuclein etc. immer ein ſtickſtoffhaltiges Reſiduum von nicht unbeträchtlicher Quantität zurückbleibt. Nach den obigen Darlegungen kann aber das Plaſtin nicht mehr zu den Eiweiſſſtoffen gerechnet werden, ſondern iſt als ein Körper von viel complicirterer Zuſammenſetzung anzusehen. Dafs die vorausſichtlich enorme Größe des Molekulargewichts zugleich zahlreiche Iſomerieen und Metall-Subſtitutionen geſtatten wird, iſt klar, und haben wir es demnach vorausſichtlich bei verſchiedenen Pflanzen mit ſehr zahlreichen, verſchiedenen Plaſtinen zu thun, vielleicht

kommt jeder Species ihr besonderes Plastrin zu, oder gar eine ganze Combination von Plastrinen, und es wäre keineswegs undenkbar, daß die Variation der Arten einen Anstoß durch chemische Vorgänge, beziehungsweise Aenderungen, in der Zusammensetzung der Plastrinmoleküle erführe, welche die Gerüstsubstanz des Protoplasmaleibes aufbauen.

Das Plastrin ist meines Erachtens eine für das Zustandekommen von lebendem Protoplasma unbedingt nothwendige Verbindungsform, ein Gleiches kann von den Eiweißstoffen nicht behauptet werden; denn es giebt lebsthätiges Protoplasma, in welchem sich keine Spur von Eiweißstoffen nachweisen läßt. Eine von mir mit sämmtlichen, auch den empfindlichsten, Eiweiß-Reagentien geprüfte *Vaucheria* ergab ein durchaus eiweißloses Protoplasma. Dadurch sinken die Eiweißstoffe in der Pflanzenzelle auf die Bedeutung zwar sehr verbreiteter, aber nicht unbedingt nothwendiger und constanter Bau- und Reservestoffe herab, die schon in der Trockensubstanz des Protoplasma von *Aethalium septicum* nicht mehr als 6 pCt. betragen.

II.

Die Kohlenstoffassimilation im chlorophyllosen Protoplasma.

Von

J. Reinke.

Daß zahlreiche organische Substanzen den Schimmelpilzen als Substrat dienen, ist eine der alltäglichen Erfahrungen; daß ferner nicht nur die complicirten Gemenge, welche den abgestorbenen Thier- und Pflanzenkörper zusammensetzen, dem Schimmeln unterworfen sind, sondern daß auch in Lösungen sehr einfacher Kohlenstoffverbindungen Schimmelflocken auftreten können, ist eine dem Arzt, Apotheker und Chemiker von jeher wohl bekannte Thatfache.

Lange gedauert hat es aber, bis die Physiologie sich dieser wichtigen Erscheinungen bemächtigte. Man begnügte sich mit dem Raisonnement: Die chlorophyllhaltigen Pflanzen vermögen allein aus unorganischer Materie organische Substanz zu bereiten, während die Pilze auf Ernährung aus organischer Substanz angewiesen sind. Dieser leicht festzustellende Gegensatz befriedigte die Botaniker auch noch zu einer Zeit, als die Chemie längst die principielle und wissenschaftliche Scheidung zwischen organischen und anorganischen Körpern fallen gelassen und die Verbindungen CO und CO₂ mit den Bestandtheilen des Thier- und Pflanzenkörpers zu dem Complex der *Kohlenstoffverbindungen* vereinigt hatte, die zusammen in einem wissenschaftlich haltbaren Gegensatz den Verbindungsreihen anderer Grundstoffe, z. B. den Siliciumverbindungen, den Borverbindungen u. f. w. gegenübergestellt werden können.

Das Verdienst, sich nicht mit der Wahrnehmung zu begnügen, daß Schimmelpilze »in allen möglichen organischen Lösungen« gedeihen, und die Frage zu stellen, ob gewisse einfach gebaute Kohlenstoffverbindungen eine ausreichende Kohlenstoffquelle für die Er-

nährung der Schimmelpilze gewähren, knüpft sich an den Namen PASTEUR'S.*)

PASTEUR stellte eine Nährlösung her aus destillirtem Wasser, »Phosphor« (Hefeasche), Ammoniak und versetzte dieselbe in der einen Versuchsreihe mit Traubensäure, in der anderen mit Rohrzucker. Es gelang in beiden Lösungen Schimmelpilze bis zur Fructification zu erziehen, während die Entwicklung unterblieb, wenn einer der Bestandtheile der Lösung fortgelassen war. Traubensäure wie Zucker waren somit die einzigen Kohlenstoffquellen für die Ernährung der Pilze; in Bezug auf erstere machte PASTEUR dann noch die interessante Wahrnehmung, daß die Traubensäure durch die Vegetation des Pilzes zunächst in die beiden optisch aktiven Weinsäuren gespalten wurde, daß hierauf die Rechtsweinsäure aber schneller verbraucht wurde, als die Linksweinsäure.

Durch diese Versuche PASTEUR'S war der sichere Beweis erbracht, daß aus einer verhältnismäßig einfachen, sogenannten organischen Verbindung, der Weinsäure, ein Pilz den gesammten für den Aufbau von Protoplasma und Zellwand nöthigen Kohlenstoff zu entnehmen, zu *assimiliren* vermag. Diesen letzteren Ausdruck halte ich auch für den vorliegenden Fall für den folgerechtesten und am meisten geeigneten; denn die Weinsäure bleibt ebenfowenig Component oder gar ausschließliches, nothwendiges Component des Pilzprotoplasma, wie die aufgenommene Kohlenensäure unmittelbarer nothwendiger Bestandtheil des chlorophyllhaltigen, belichteten Protoplasma bleibt. Wollte man aber sagen — wie das wirklich geschehen ist — die Pilze vermöchten sich nur aus assimilirten Stoffen zu ernähren und die Weinsäure sei eine solche assimilirte Verbindung, so gelangt man nothwendig zu der unsinnigen Consequenz, daß ein Chemiker, welcher in seinem Laboratorium die Weinsäure synthetisch darstellte, dieselbe *assimilirt* habe.

*) PASTEUR: Note relative au *Penicillium glaucum* et à la diffymétrie moléculaire des produits organiques naturels. Comptes rendus. Band 51 S. 298. 1860 und: Recherches sur le mode de nutrition des Mucédinées; l. c. S. 709.

Nach den Resultaten von PASTEUR's Untersuchungen lag es nahe, zu fragen, ob nicht noch einfachere Verbindungen als die Weinsäure zur Kohlenstoff-Ernährung von Pilzen ausreichen. Diese Frage wurde in Bezug auf die *Essigsäure* von ZÖLLER*) untersucht und in positivem Sinne beantwortet; diese Säure genügt für die Entwicklung von Schimmelpilzen als ausschließliche Quelle des Kohlenstoffs.

Durch diese Untersuchungen von PASTEUR und ZÖLLER war insofern eine Basis für die Kenntniss der Kohlenstoffaneignung durch Pilze gewonnen, als festgestellt war, daß zwei der einfacher gebauten Carbonsäuren den Kohlenstoffbedarf eines Pilzes zu decken vermögen. Allein die Tartrat- und Acetatgruppe sind im Vergleich zur Carbonatgruppe immerhin noch relativ complicirte Atomgruppierungen und ein besseres Verständniss der Kohlenstoffernährung stand erst zu erwarten, wenn man die letzten, primären Atomgruppen, wie sie z. B. das Molecül der Essigsäure als nächste unmittelbare Bestandtheile zusammensetzen, auf ihren Ernährungswerth prüfte; das Ergebniss derartiger Versuche mußte auch für die Kenntniss der Synthesen des vegetabilischen Protoplasma im Allgemeinen von größtem Interesse sein und konnte zugleich für das Studium des Kohlenstoffassimilations-Processes in grünen Pflanzentheilen von Bedeutung werden; denn die Möglichkeit erscheint immerhin naheliegend, daß bei *allen* Protoplasma-Synthesen, wie sie durch den lebenden Organismus der Pflanzen vollzogen werden, stets gewisse constante Atomgruppen als Ausgangspunkt dienen.

Speculative Betrachtung und mannigfach variirte Versuche müssen zur Entscheidung der hier sich eröffnenden Fragen zusammenwirken, das Eine ohne das Andere wird schwerlich zu befriedigenden Resultaten zu führen vermögen.

Für theoretische Untersuchungen der Assimilations- und Stoffwechselvorgänge in der Pflanze besitzen wir eine zwar kurze, aber außerordentlich wichtige Directive von berufenster Seite, nämlich von

*) Ueber Ernährung und Stoffbildung der Pilze. Sitzungsbericht d. physic. medic. Societät zu Erlangen v. 10. Juli 1871.

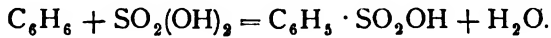
BAEYER*), welche, obwohl bereits im Jahre 1870 erschienen, trotzdem in den seither herausgekommenen Handbüchern entweder gar nicht berücksichtigt oder doch nicht gebührend gewürdigt worden ist. Aus diesem Grunde möge es mir gestattet sein, etwas näher auf den Inhalt jener Ausführungen BAEYER'S einzugehen, wobei ich nur die bekannt gewordene Theorie dieses Forschers über den Formaldehyd als Assimilationsproduct des chlorophyllhaltigen Protoplasma nicht weiter berühre.

Nach BAEYER muß die Abspaltung von Wasser bei den Umsetzungen innerhalb des Pflanzenkörpers eine ebenso wichtige Rolle spielen, als z. B. die Oxydation. In den Verbindungen, welche aus C, H und O bestehen, kann nun der Sauerstoff nur vorkommen als $C-OH$, als $C-O-C$ oder als $C=O$. Von diesen Gruppierungen entspricht $C-O-C$ der Structur der Aether und Anhydride und läßt sich in der Regel durch Wasseraufnahme in 2 $(C-OH)$ umwandeln, während die Gruppe $C=O$ in Aldehyden, Ketonen und Säuren vorkommt. Wenn nun durch Wasseraustritt aus einem entsprechenden Atomcomplexe zwei ungefüttigte Affinitäten entstehen und diese sich unter einander füttigen, so bleibt von den ursprünglichen beiden OH -Gruppen ein O zurück, das entweder als Brücke zwischen zwei C Atomen dient oder nur an einem C haftet: das Resultat dieser *Anhydridbildung* ist die Gruppe $C-O-C$ oder $C=O$. Oder es werden durch Vereinigung von OH mit einem H , das an einem C sitzt, zwei C -Affinitäten frei, welche sich unter einander *einwerthig* binden, wenn sie noch gar nicht oder *doppelt*, wenn sie schon einfach verbunden waren: dies nennt BAEYER *Condensation*. Endlich können die C -Atome auch ungefüttigt bleiben oder sich anderweitig verbinden, zu den freien Affinitäten kann sich auch wieder Wasser oder eine davon abgeleitete Gruppe hinzuaddiren.

Anhydridbildung und Condensation kann innerhalb eines Molecüls oder zwischen zwei verschiedenen Molecülen erfolgen, der intramole-

*) Ueber die Wasserentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben und die Gährung. Ber. d. d. chem. Ges. 1870. S. 63.

cularen Bindungen sind wiederum drei zu unterscheiden, je nachdem der Vorgang an denselben, an zwei benachbarten oder an entfernteren Kohlenstoffatomen stattfindet. Aeufsere Anhydridbildung zeigen z. B. die Aetherarten, die Säureanhydride; für die Pflanzen sind jedenfalls »äufsere Condensationen« von hervorragender Wichtigkeit, wobei ein OH des einen Molecüls mit einem H des anderen Molecüls Wasser bildet und beide Reste sich dann mit den freien Affinitäten verbinden, wie z. B. bei den Sulfosäuren:



In analoger Weise muß sich auch Formaldehyd, der in wässriger Lösung als $CH_2(OH)_2$ anzusehen ist, zu Zucker condensiren. Es können auch zwei Kohlenstoffatome, die schon mit einer Valenz an einander hängen, mit zwei Zugkräften gebunden werden. Gehen beide Reactionen zu gleicher Zeit vor sich, so erhält man eine Condensation, wie sie Aldehyde und Ketone zeigen, und welche darin besteht, daß die Carbonylgruppe mit 2 H der Methylgruppe Wasser bildet und beide Kohlenstoffatome sich mit zwei Affinitäten an einander ketten. Man kann dies auch so auffassen, daß der O des CO sich direkt mit H vereinigt, so bei Bildung der Zimmtsäure, des Mesityloxyds, des Phoron, des Cumarin aus Salicylaldehyd und Essigsäureanhydrid u. f. w.

Ohne alle Einzelheiten der BAEYER'schen Abhandlung zu berücksichtigen, dürfte schon aus dem Mitgetheilten einleuchten, daß hier reichhaltige Gesichtspunkte für die Beurtheilung der Synthesen im Protoplasma, wie sie namentlich auch bei der Kohlenstoffassimilation der Pilze unzweifelhaft stattfinden, geboten werden; an dieser Stelle sollte aber der Arbeit BAEYER'S zunächst im historischen Zusammenhang gedacht werden.

Einen werthvollen Versuch, die Ergebnisse theoretischer Combination durch Versuche zu prüfen, und namentlich festzustellen, inwiefern die *chemische Structur* einer Kohlenstoffverbindung im Zusammenhang steht mit dem Vermögen, Schimmelpilze zu ernähren,

hat darauf A. STUTZER*) geliefert. Aus den Untersuchungen STUTZER's hebe ich folgende Ergebnisse hervor.

Von Kohlenstoffverbindungen werden durch *Penicillium affimilirt*: Glycerin, Milchsäure, Bernsteinsäure, Aethylalkohol, Aepfelsäure, Citronensäure, Weinsäure, Glycerinsäure.

Als *nicht* affimilirbar erwiesen sich dagegen: Oxalsäure (sowohl frei wie auch als Ammoniumoxalat), Ameisensäure, freie Butter Säure, freie Baldriansäure, Amylalkohol, Acetaldehyd; die vier letzteren Verbindungen scheinen zugleich antiseptisch zu wirken, indem ein Zusatz derselben die Entwicklung von *Penicillium* in sonst geeigneten Nährlösungen verhinderte.

In diesem Ergebnisse sieht STUTZER einerseits einen Zusammenhang hervortreten zwischen der Constitution gewisser Verbindungen und ihrem Vermögen, als Kohlenstoffquelle für Pilze zu dienen, zugleich aber auch den Einfluß gewisser specifischer Eigenschaften, wie sie sich z. B. im Verhalten der freien Butter Säure ausdrückt, während doch Essigsäure nach den Versuchen von ZÖLLER Pilze zu ernähren vermag. Jedenfalls sind nach STUTZER außer der chemischen Structur auch physikalische Eigenschaften, z. B. Löslichkeitsverhältnisse, für die einschlägigen Fragen maßgebend. STUTZER glaubt sich zu folgenden allgemeinen Schlüssen aus seinen Versuchen berechtigt:

1. Die Carboxylgruppe ernährt nicht.
2. Von carboxylirten Kohlenwasserstoffen können einige, wie Essigsäure und Bernsteinsäure direct als Kohlenstoffquelle für die Ernährung der Pilze dienen, während andere, wie Butter Säure und Baldriansäure dies nicht vermögen.
3. Aehnlich verhält es sich mit den hydroxylirten Kohlenwasserstoffen: Zucker, Glycerin, auch Aethylalkohol ernähren, Amylalkohol nicht.
4. Die carboxylirten, hydroxylirten Kohlenwasserstoffe erwiesen sich, soweit untersucht, als Nährstoffe.

*) Ueber Beziehungen zwischen der chemischen Constitution gewisser organischer Verbindungen und ihrer physiologischen Bedeutung für die Pflanze. Landw. Versuchsstat. Bd. 21. (1878) S. 116 ff.

5. Nicht affimilirbar sind Kohlenoxyd und Acetaldehyd.

Aus den bisher referirten Untersuchungen erhellt, daß in Bezug auf die sogenannten »organischen« Körper eine beträchtliche physiologische Verschiedenheit obwaltet, sofern einige derselben die Kohlenstoff-Ernährung der Pilze zu unterhalten vermögen, andere nicht. Aus der Arbeit von STUTZER dürfte als wichtigstes Ergebniss hervorzuheben sein, daß zwei der einfachsten organischen Säuren, Ameisensäure und Oxalsäure, nicht affimilirbar sind.

In den Untersuchungen von NÄGELI*) finden wir die gleiche Aufgabe, welche auch STUTZER sich gestellt hatte, mit reichhaltigerem Materiale in Angriff genommen. NÄGELI stellt die Frage ganz allgemein so: »Aus welchen Verbindungen vermögen die Pilze Kohlenstoff zu entnehmen, um ihre Substanz zu vermehren«? Hierbei hebt NÄGELI zunächst hervor, daß, wenn eine Verbindung nicht ernährt, die Ursache davon nicht nothwendig in ihrer chemischen Constitution zu liegen brauche. Unlösliche Verbindungen sind als Nährstoffe jedenfalls ausgeschlossen; aber auch sehr schwer lösliche sind vielleicht darum außer Stande, eine Trockengewichtsvermehrung des Pilzes herbeizuführen, weil der Pilz in gleicher Zeit mehr Substanz durch Oxydation und Ausscheidung verliert, als ihm zufließt. Endlich kommt auch die Giftigkeit der Substanzen in Betracht. Dennoch hebt NÄGELI mit besonderem Nachdruck die chemische Constitution sowohl der ernährenden als der nicht ernährenden Verbindungen hervor; nach seinen Versuchen vermögen die meisten in Wasser löslichen Kohlenstoffverbindungen als Kohlenstoffquelle den Pilzen zu dienen; eine Ausnahme machen Ameisensäure und Harnstoff, Oxalsäure und Oxamid. Hieraus folgert NÄGELI:

1. daß »affimilirbare« Kohlenstoffverbindungen die Gruppe CH_2 oder CH enthalten müssen; die CH Gruppe ernährt aber nur dann, wenn zwei oder mehrere C Atome, an denen H hängt, unmittelbar mit einander verbunden sind; daher möge es

*) Ernährung der niederen Pilze durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. Sitzungsbericht der bayerischen Akad. v. 5. Juli 1879.

kommen, daß Methylamin und Benzoefäure ernähren, Ameisen-
säure und Methylalkohol aber nicht assimiliert werden können.

2. Daß der Kohlenstoff nicht assimiliert werden kann, wenn er nicht unmittelbar an H hängt, sondern an einem anderen Grund-
stoffe, wie im Cyan, dem Harnstoff, in der Oxalsäure.

Im Anschluß hieran weist NÄGELI darauf hin, wie bei der sehr
verschiedenen Ernährungstüchtigkeit der verschiedenen Kohlenstoff-
verbindungen es nahe gelegt wird, »daß Verbindungen am leichtesten
assimiliert werden, welche bereits eine Atomgruppe besitzen, wie sie
die zu bildende Substanz bedarf, und daß eine Verbindung um so
weniger ernährt, je unvollständiger sie diese Gruppe enthält«. NÄGELI
neigt zu der Annahme, daß die »in dem ersten Assimilationsproduct
[der Pilze] enthaltene Atomgruppe aus zwei oder eher drei unmittelbar
mit einander in einer Kette zusammenhängenden C Atomen, an denen
unmittelbar sowohl H als O Atome befestigt sind, bestehen muß, und
daß durch Verdoppelung daraus zunächst eine 4 oder 6 C Atome
enthaltende Gruppe sich bildet.« Damit im Zusammenhang soll die
von NÄGELI gefundene Thatfache stehen, daß Verbindungen mit
einem C Atom schwierig (Methylamin) oder gar nicht (Ameisensäure)
assimiliert werden, »daß mit der steigenden Zahl der unmittelbar zu-
sammenhängenden C Atome die Assimilation besser von statten geht«
(Asparagin, Leucin); ferner verhält sich nach NÄGELI die Gruppe CH_2
OH unter übrigens gleichen Umständen günstiger als CH_3 ; Verbin-
dungen mit mehreren C Atomen der C Gruppen, die durch N oder O
verbunden sind, sollen nicht besser ernähren, als solche, in denen die
Gruppe nur einmal vorhanden ist (Trimethylamin nicht besser als
Methylamin).

Es war nöthig, das theoretische Hauptergebnis, zu welchem
NÄGELI durch seine Untersuchungen gelangte, hier möglichst voll-
ständig aufzunehmen; in Bezug auf andere werthvolle und wichtige
Gedanken muß auf die Originalabhandlung verwiesen werden; nur
angedeutet mag noch werden, daß NÄGELI als ein ferneres wichtiges
Moment für die größere oder geringere Assimilirbarkeit einer Ver-
bindung ihre Widerstandsfähigkeit gegen Zersetzungen betrachtet.

Auf die sehr bedeutenden Schwierigkeiten, welche der sicheren Feststellung einer Scala der »Ernährungstüchtigkeit« oder »Assimilationsfähigkeit« der verschiedenen Kohlenstoffverbindungen entgegenstehen, weist NÄGELI selbst hin; mir scheinen diese Schwierigkeiten noch gröfser zu sein, als NÄGELI annimmt, denn mir ist es in verschiedenen Versuchsreihen nicht gelungen, einen constanten quantitativen Nährwerth für gewisse Verbindungen zu ermitteln. In den später anzuführenden eigenen Untersuchungen habe ich daher von derartigen quantitativen Bestimmungen gänzlich Abstand genommen. Nur auf einen Punkt möchte ich noch mit NÄGELI hinweisen, nämlich auf die verhältnismäfsig so überraschende Wirkung des Zuckers; dieselbe scheint mir darauf hinzudeuten, dafs es in der Kohlenstoffassimilation auch der Pilze sich in erster Linie immer um die Synthese eines Kohlenhydrats als Ausgangspunkt aller weiteren Stoffbewegung handelt und dafs das Wachsthum des Pilzes am besten von Statten geht, wenn demselben ein fertiges Kohlenhydrat als Nährstoff dargeboten wird. Von NÄGELI werden übrigens andere Gründe als der soeben geltend gemachte für die leichte Assimilirbarkeit des Zuckers angeführt.

Es mögen nun aus dem speciellen Theile der Arbeit von NÄGELI die Verbindungen hier genannt werden, welche sich als Kohlenstoffquelle für Pilze entweder tauglich oder untauglich erweisen.

- a) Die Pilze können nach NÄGELI*) und LÖW den Kohlenstoff assimiliren aus: Citronensäure, Essigsäure, Rohrzucker, Glycerin, Asparagin, Milchsäure, Bernsteinsäure, *Phenol*, *Salicylsäure*, Aethylalkohol, *Methylamin***), *Acetamid*, *Propylamin*, *Isobutylalkohol*, *Pyrogallol*, Gerbsäure, Chinasäure.
- b) Die Pilze können nach NÄGELI und LÖW den Kohlenstoff nicht assimiliren aus: Oxalsäure, *Humin*, *Harnstoff*, Ameisensäure, *Oxamid*; *Aethylamin*, *Trimethylamin*.

* Diejenigen Verbindungen, bei denen die betreffende Eigenschaft von NÄGELI zuerst festgestellt worden, sind durch *passende* Schrift hervorgehoben.

**) Die Amine wurden als falsche Verbindungen angewandt.

- c) Zweifelhafte Resultate ergaben: Butteräure, Baldrianäure (als Ammonverbindungen) Glycocoll, Acetanilid, Salicin.

Wenn ich nunmehr zur Mittheilung der Resultate meiner eigenen Studien übergehe, so muß ich zuvörderst Ziel und Methode der Untersuchung mit wenigen Worten erläutern. Die Frage, welche ich mir gestellt, war die gleiche, welche auch meine Vorgänger auf diesem Gebiete, STUTZER und NÄGELI, zu beantworten suchten: aus welchen Verbindungen vermag *Penicillium glaucum*, beziehungsweise andere Pilze, Kohlenstoff zu assimiliren, und in welchem Zusammenhange steht die Assimilationsfähigkeit einer Substanz mit ihrer chemischen Structur?

Von quantitativen Bestimmungen der Ernteergebnisse habe ich abgesehen, weil die dafür erforderliche Mühe keineswegs durch genügend übereinstimmende Resultate aufgewogen wird. Ob z. B. *Penicillium* durch eine Lösung ernährt wird oder nicht, entschied ich einfach dadurch, ob bei möglichster Gleichartigkeit der Bedingungen das eine Mal in einer mit Sporen besäten Nährlösung üppige Rasen bis zur Sporenbildung sich entwickelten oder nicht. Ob ein Nährstoff mehr oder weniger günstig ernährt, habe ich nur dann besonders betont, wenn eine ganz eklatante Differenz bestand, wenn in einem Fall in einigen Tagen oder Wochen üppige Entwicklung erfolgte, in anderen erst nach längerer Zeit wenige langsam wachsende Pilzflocken erschienen. Die Annahme ist wohl naheliegend, daß nur in ersterem Falle die Substanz selbst, oder ihre nächsten Spaltungsproducte direkt als Baustoff für die Synthese der Componenten des Protoplasma verbraucht werden konnten, während im zweiten Falle erst durch intermediäre Proceßse aus dem angewandten Körper wirkliche Nährstoffe hergestellt werden konnten. Immerhin ist diese letztere Kategorie von Verbindungen für die Assimilation des Kohlenstoffs indirekt verwertbar, während eine dritte Gruppe, darin der Kohlenäure entsprechend, in keiner Weise durch den Einfluß der Pilze zu einem Nährstoff umgestaltet werden kann.

Bei dieser Limitation der Aufgabe gestaltete sich das Beobachtungsverfahren sehr einfach. Mit Hilfe von *reinßem* destillirtem Wasser

ward eine mineralische Nährlösung aus Ammoniumphosphat, Kaliumphosphat, Magnesiumsulphat, Calciumchlorid in der von NÄGELI meist benutzten procentischen Zusammenfetzung oder etwas verdünnter hergestellt, dann die zu untersuchende Kohlenstoffverbindung hinzugefügt; in allen Fällen, wo Säuerung, beziehungsweise Neutralisirung nöthig war, d. h. wo die Substanz nicht schon selbst sauer reagirte, wurde sehr verdünnte Schwefelsäure, die sich mir für Pilzculturen am günstigsten erwies, tropfenweise hinzugefügt, so daß immer schwach schwefelsaure, feltener neutrale Nährlösungen in Anwendung kamen. Als Culturegefäße dienten kleine Bechergläser von 50 *mm* Höhe und 40 *mm* im Lichten; sie wurden zur Hälfte zunächst mit der mineralischen Nährlösung angefüllt, was einem Flüssigkeitsvolum von ungefähr 30 cm entspricht, dann die Kohlenstoffverbindung zugesetzt, letztere, wo es nöthig war, durch Kochen gelöst, Sporen von *Penicillium* darin ausgefät, hierauf das Glas durch einen Deckel von Filtrirpapier gegen Staub geschützt und das so beschickte Gefäß bei Zimmertemperatur in einem verschlossenen, also dunklen Schranke aufbewahrt.

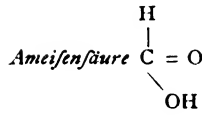
Von entscheidender Wichtigkeit war für das zu erlangende Ergebniss der Versuche natürlich die Reinheit der Reagentien. Alle von mir angewandten Kohlenstoffverbindungen — mit Ausnahme von wenigen, bei welchen ich es meist ausdrücklich bemerkte — sind aus der rühmlichst bekannten Fabrik des Herrn KAHLBAUM in Berlin bezogen worden. Wo es nöthig erschien, wurden dieselben, soweit ihre Beschaffenheit es erlaubte, umkrySTALLISIRT. Es bleibt nun aber zu bemerken, daß auch wiederholtes UmkrySTALLISIREN oder DESTILLIREN keine vollkommene Garantie für die *absolute* Reinheit eines Körpers gewährt. Ich glaube eine sichere Gewähr dafür, daß in einem Versuche wirklich die Eigenschaft der angewandten Substanz zu einem reinen Ausdruck gelangt, dadurch gewonnen zu haben, daß ich die auf ihr Ernährungsvermögen zu prüfenden Stoffe in möglichst geringer Menge anwandte. War dann noch eine Verunreinigung vorhanden, so wurde die verunreinigende Substanz durch äußerste Verdünnung unschädlich gemacht. Zu diesem Behufe setzte ich zu dem für den

einzelnen Versuch angewandten Volum Nährlösung von 30 *ccm* 2 Tropfen, also 0,1 bis 0,2 *ccm* einer zu prüfenden Flüssigkeit, z. B. von Essigsäure, und von festen Körpern eine entsprechende Menge, also gegen 0,2 *g*, so daß durchschnittlich mit einer $\frac{1}{2}$ procentigen Lösung der betreffenden Kohlenstoffverbindung experimentirt wurde; bei sehr schwer löslichen Substanzen war die Verdünnung eine noch größere. Für einen Ersatz des verdunstenden Wassers wurde in geeigneter Weise Sorge getragen.

Bei meinen Untersuchungen ging ich von der Voraussetzung aus, daß nur Verbindungen, welche die Grundstoffe C, H und O oder C, H und N enthalten, assimilirbar sind, daß speciell der Kohlenstoff aus Verbindungen, welche nur C und H, oder C und O, oder C und N u. s. w. besitzen, nicht aufgenommen werden kann; demnach kamen nur Verbindungen der bezeichneten Beschaffenheit für mich in Frage, sind doch auch Kohlenwasserstoffe schon durch ihre Unlöslichkeit in Wasser zur Ernährung der Pilze ungeeignet. In der folgenden Zusammenstellung sind auch die älteren Beobachtungen von PASTEUR, ZÖLLER, STUTZER, NÄGELI mit aufgenommen worden, weil dadurch ein abgeschlossenes Bild der ganzen vorhandenen Untersuchungen gewährt wird; die fremden Beobachtungen sind gegen die meinigen durch kleinere Schrift hervorgehoben. Endlich bemerke ich noch, daß es mir practisch erschien, die Formeln der Verbindungen mit hierher zu setzen, bald mit mehr, bald mit weniger ausführlicher Angabe der Structur; in den meisten Fällen dürften ja nur gewisse Atomcomplexe als nähere Bestandtheile in Betracht kommen.

Carbonsäuren.

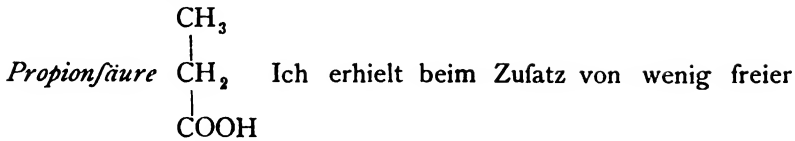
Ich beginne mit den kohlenstoffhaltigen Säuren, weil von diesen gewisse Glieder unzweifelhaft zur Ernährung der Pilze genügen, andere ebenso unzweifelhaft sich dazu als unfähig erweisen; es muß daher der Versuch gemacht werden können, schon innerhalb des Kreises der Carbonsäuren diejenigen Atomgruppen festzustellen, welche für den Aufbau der Constituenten des Protoplasma unerläßlich sind.



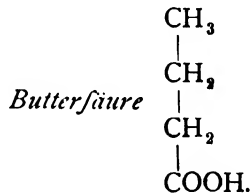
Nicht affimilirbar (STUTZER)



Affimilirbar (ZÖLLER)

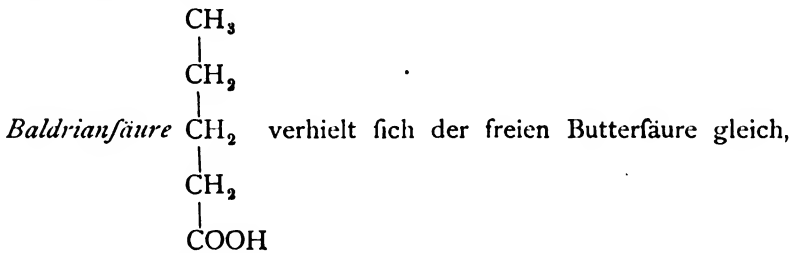


Säure zur Nährlösung keine Pilzentwicklung, wohl aber bei Verwendung von Ammoniumpropionat eine üppige Vegetation von Penicillium.



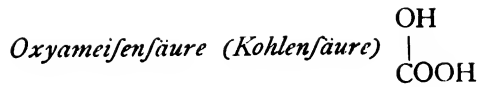
Nicht affimilirbar (STUTZER)

Ammoniumbutyrat dagegen gewährte eine reichliche Entwicklung von Penicillium.

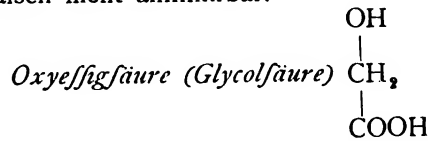


(STUTZER) während in Ammoniumvalerianat nach 7 Tagen sich Penicillium gut entwickelt hatte.

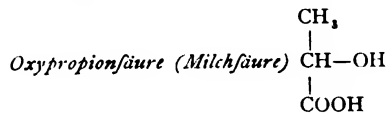
Capronsäure $\text{C}_6 \text{H}_{12} \text{O}_2$ verhält sich wie Buttersäure und Baldriansäure, wobei zu bemerken, daß dieselbe mit Wasser kaum noch mischbar ist; in Ammoniumcapronat dagegen nach 10 Tagen eine lebhaft Schimmelbildung.



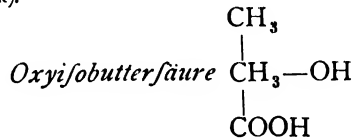
Bekanntermaßen nicht assimilirbar.



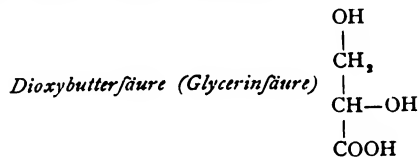
Angewandt als Calciumglycolat unter Zusatz einer Spur von Schwefelsäure; nach 7 Tagen starke Schimmelbildung.



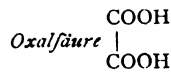
Assimilirbar (STUTZER).



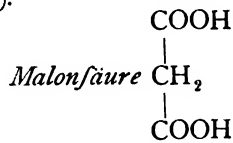
Am 6. Tage starke Pilzentwicklung.



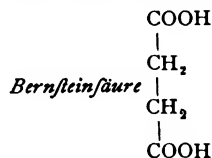
Assimilirbar (STUTZER).



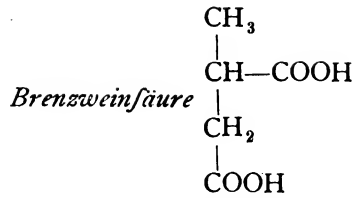
Nicht assimilirbar (STUTZER).



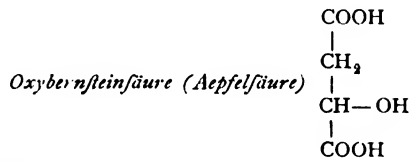
Nach 7 Tagen starke Schimmelbildung.



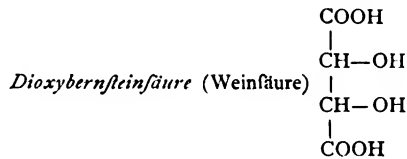
Assimilirbar (STUTZER).



Nach 6 Tagen starke Pilzentwicklung.



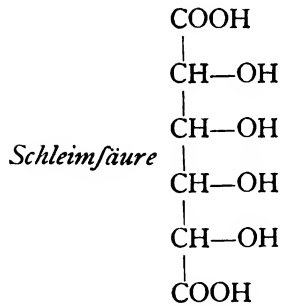
Affimilirbar (STUTZER).



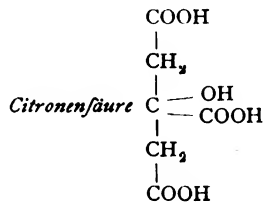
Affimilirbar (PASTEUR).

Traubensäure (2 Mol. Weinsäure).

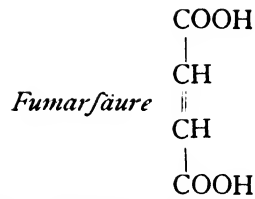
Affimilirbar (PASTEUR).



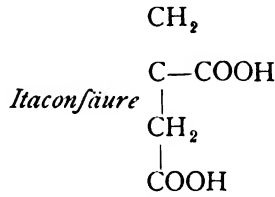
Nach 7 Tagen starke Pilzentwicklung.



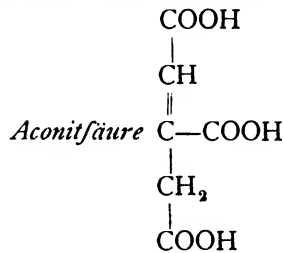
Affimilirbar (STUTZER).



Nach 6 Tagen starke Pilzentwicklung.



Nach 9 Tagen kräftige Pilzentwicklung.



Nach 6 Tagen starke Pilzentwicklung.



Nach 6 Tagen lebhafte Pilzentwicklung.



Als Kaliumfalz zugefetzt und durch eine Spur von Schwefelsäure angefäuert.

Nach 10 Tagen kräftige Schimmelvegetation.



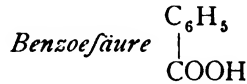
(Kaliumfalz).

Nach 14 Tagen kräftige Schimmelbildung.

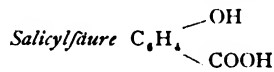


(Kaliumfalz).

Nach 10 Tagen lebhafte Pilzentwicklung.



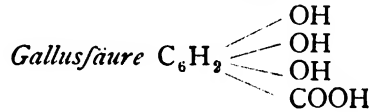
lieferte als Ammonfalz in 14 Tagen eine üppige Pilzentwicklung.



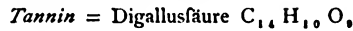
Ernährt (NÄGELI).



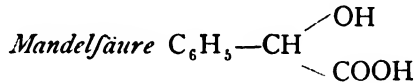
Nach 7 Tagen starke Pilzentwicklung.



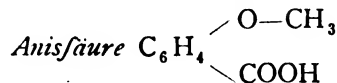
Nach 7 Tagen starke Pilzentwicklung.



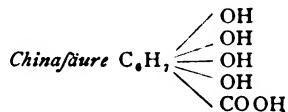
Ernährt (NÄGELI).



Nach 7 Tagen starke Pilzentwicklung.



Lieferte, wenn als freie Säure in der Nährlösung durch Kochen theilweise gelöst keinerlei Pilzvegetation; als Ammonfalz dagegen ergab es eine deutliche Pilzentwicklung.



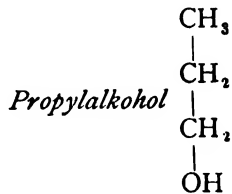
Ernährt (NÄGELI).

Alkohole.

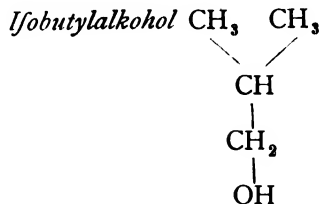
Methylalkohol $\text{CH}_3\text{—OH}$.

Die mit etwas Alkohol veretzte Nährlösung zeigte nach mehrwöchentlichem Stehen eine schwache Trübung durch Spaltpilze.

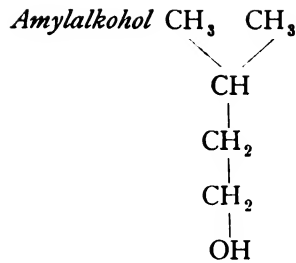
Aethylalkohol wirkt nach STUTZER ernährend; NÄGELI wandte denselben in Verbindung mit Harnstoff und Mineralsalzen an und bemerkt über das Ergebnis: »Ein Glas im Brütkasten zeigte mäßige Spaltpilzbildung mit saurer Reaktion, nachher eine dicke Schimmeldecke. Ein anderes Glas bei Zimmertemperatur ergab eine sehr reichliche Spaltpilzvegetation mit schwach alkalischer Reaktion«. Bei meinen Versuchen stellten sich zunächst Bakterien in Menge ein und erst nach längerer Zeit entwickelten die gleich anfänglich ausgesäten Sporen dichte *Penicillium*rasen. Ich vermuthe, daß die Entwicklung des letzteren erst auf Kosten von Essigsäure stattfand, welche durch die Spaltpilze gebildet worden war.



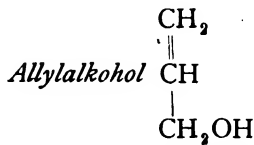
verhielt sich dem Aethylalkohol gleich; die Schimmelentwicklung, welche bei stärkerem Zusatz von Propionsäure nicht beobachtet wurde, ist vielleicht durch die allmähliche Bildung der Säure (die demnach höchst verdünnt zur Geltung kam) unter dem Einfluß der Spaltpilze erklärbar.



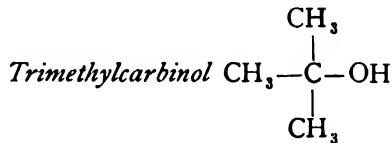
Zeigte nur eine starke Trübung durch Spaltpilze.



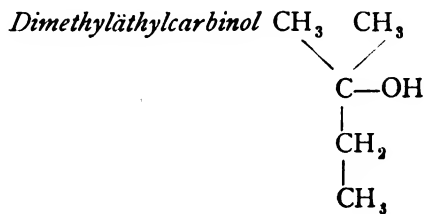
erwies sich in den Versuchen von STUTZER ernährungsuntüchtig; bei mir bildeten sich darin, wenn er sehr verdünnt zugesetzt ward, Spaltpilze.



Die Lösung blieb 4 Wochen lang pilzfrei.



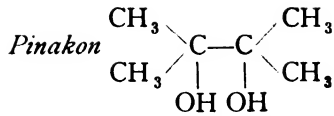
Nach 14 Tagen eine schwache Trübung durch Spaltpilze.



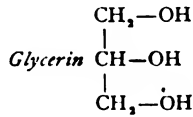
Nach 8 Tagen lebhafte Entwicklung von Spaltpilzen.



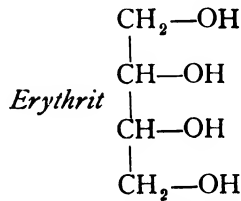
Zunächst schwache Trübung durch Spaltpilze; später kräftige Schimmelentwicklung.



Anfangs Trübung durch Spaltpilze; nach längerem Stehen Schimmelentwicklung.



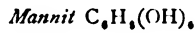
Ernährt (NÄGELI).



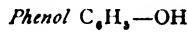
In 8 Tagen kräftige Schimmelbildung.



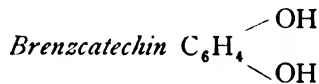
In 8 Tagen Schimmelentwicklung.



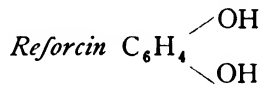
Ernährt (NÄGELI)



Ernährt (NÄGELI).



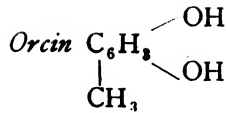
Nach 6 Tagen trübe von Spaltpilzen.



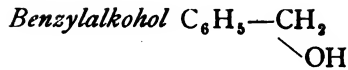
Nach 6 Tagen Entwicklung von Schimmelpilzen, nach einigen Wochen dicke, Conidien tragende Rafen.



Wie Reforcin.

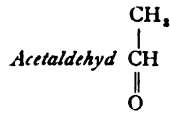


Wie Reforcin.



Im Laufe von 3 Wochen zeigte sich eine mäfsige Entwicklung von Spalt- und Schimmelpilzen.

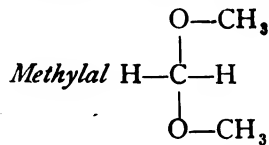
Aldehyde und deren Derivate.



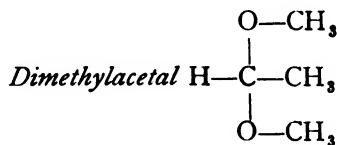
Ernährt nicht (STUTZER).



Mit Schwefelfäure neutralifirt: Die Lösung bleibt pilzfrei.



Nach 14 Tagen nur etwas trübe durch Spaltpilze; nach 4 Wochen üppige Pilzentwicklung.



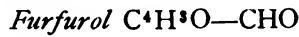
Wie Methylal.



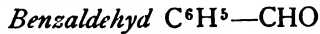
Die Substanz, wovon ich ein sehr reines Präparat Herrn Prof. TOLLENS verdanke, ward durch Erwärmen in einer durch Ammoniak

alkalisch gemachten Flüssigkeit gelöst, dann durch Schwefelsäure bis zur schwach sauren Reaction neutralisirt.

Nach 8 Tagen deutliche Pilzentwicklung, (einige schwimmende Rafen mit Conidienträgern).



Keine Pilzentwicklung.



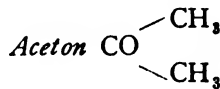
Keine Pilzenwicklung.



Keine Pilzentwicklung; nach monatelangem Stehen am Rande einige Bacterien.

Lösliche *Kohlenhydrate*, namentlich *Zuckerarten* sind bekanntlich gute Nährstoffe für Pilze, wie speciell durch PASTEUR und NÄGELI gezeigt wurde.

Ketone.

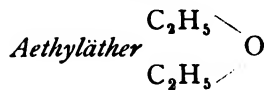


Nach 10 Tagen schwache Trübung durch Bacterien und kleine Pilzflocken.

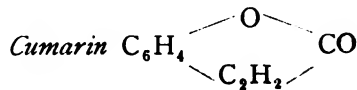


Nach 4 Wochen Pilzflocken.

Aether.



Keine Pilzentwicklung.



Keine Pilzentwicklung.

Ester. *)

Methylformiat $\text{HCO} - \text{CH}_3$

Die Flüssigkeit bleibt klar.

Aethylformiat $\text{HCO}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$

Nach 10 Tagen Trübung durch Spaltpilze.

Propylformiat $\text{HCO}_2 - \text{C}_3\text{H}_7$

Nach 6 Tagen Spaltpilze.

Isobutylformiat $\text{HCO}_2 - \text{C}_4\text{H}_9$

Nach 6 Tagen Spaltpilze; nach 4 Wochen geringe Mengen von Schimmel.

Amylformiat $\text{HCO} - \text{C}_5\text{H}_{11}$

Bleibt klar.

Methylacetat $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 - \text{CH}_3$

Trübung durch Spaltpilze, dann Schimmelbildung.

Aethylacetat $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$

Nach 8 Tagen Trübung durch Spaltpilze; nach 4 Wochen Schimmelrafen.

Propylacetat $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 - \text{C}_3\text{H}_7$

Nach 6 Tagen Spaltpilze.

Isobutylacetat $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 - \text{C}_4\text{H}_9$

Ebenfo.

Amylacetat $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 - \text{C}_5\text{H}_{11}$

Ebenfo.

Allylacetat $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2 - \text{C}_2\text{H}_3$

In 14 Tagen Entwicklung von Schimmel nach vorausgegangener Trübung durch Bakterien.

Methylpropionat $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2 - \text{CH}_3$

Ebenfo.

Acthylpropionat $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$

Ebenfo.

Propylpropionat $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2 - \text{C}_3\text{H}_7$

Ebenfo.

*) Die Lösungen wurden, wie auch alle übrigen, mindestens 6 Wochen lang beobachtet.

Amylpropionat $C_8H_{16}O_2$ — C_5H_{11}

Ebenso.

Aethylbutyrat $C_4H_7O_2$ — C_2H_5

Ebenso.

Acetessigäther $CO \begin{cases} CH_3 \\ CH_2-CO_2-C_2H_5 \end{cases}$

In 14 Tagen Trübung durch Spaltpilze.

Aethylcarbonat $C(O-C_2H_5)_4$

Klar ohne Pilze.

Methyloxalat $C_2O_2(O-CH_3)_2$

In 14 Tagen schwache Schimmelbildung.

Aethyloxalat $C_2O_2(O-C_2H_5)_2$

Blieb klar.

Aethylmalonat $CH_2(CO_2-C_2H_5)_2$

Nach 6 Tagen reichliche Entwicklung von Spaltpilzen, aber auch schon Schimmelpilze; letztere nahmen dann bald überhand.

Aethylsuccinat $C_2H_4(CO_2-C_2H_5)_2$

Wie voriges.

Aethylenmonacetat $C_2H_4OH-C_2H_5O_2$

In 14 Tagen Pilzentwicklung.

Amine und verwandte Basen.

Methylamin CH_3-NH_2

Ernährt (NÄGELI).

Ich fand reichliche Schimmelbildung im Methylamin bei Neutralisieren mit Schwefelsäure.

Aethylamin $C_2H_5-NH_2$

Ernährt (NÄGELI).

Wie voriges.

Propylamin $C_3H_7-NH_2$

Ernährt (NÄGELI).

Wie voriges.

Allylamin $C_3H_5-NH_2$

Wie voriges.

Dimethylamin $(\text{CH}_3)_2 \text{NH}$

In 8 Tagen Schimmelentwicklung.

Diäthylamin $(\text{C}_2\text{H}_5)_2 \text{NH}$

Wie voriges.

Trimethylamin $(\text{CH}_3)_3 \text{N}$

Ernährt (NÄGELI).

In 8 Tagen reichliche Schimmelvegetation.

Triäthylamin $(\text{C}_2\text{H}_5)_3 \text{N}$

In 8 Tagen reichliche Pilzentwicklung.

Tetramethylammoniumhydroxyd $\text{OH}(\text{CH}_3)_4 \text{N}$

In Sulfat übergeführt.

Wie voriges.

Tetraäthylammoniumhydroxyd $\text{OH}(\text{C}_2\text{H}_5)_4 \text{N}$

Wie voriges.

Neurin $(\text{CH}_3)_3 \text{N} \begin{array}{l} \diagup \text{CH}=\text{CH}_2 \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$

In 8 Tagen reichliche Schimmelentwicklung.

Anilin $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH}_2$

Ernährt (NÄGELI)

Ich erhielt nur Spaltpilze.

Dimethylanilin $\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_3)_2 \text{N}$

Im Verlauf mehrerer Wochen Trübung durch Spaltpilze.

Diphenylamin $(\text{C}_6\text{H}_5)_2 \text{NH}$

Die Lösung blieb klar.

Nitrile

Blausäure H—CN

Ernährt nicht.

Acetonitril $\text{CH}_3\text{—CN}$

Im Laufe von 14 Tagen Schimmelentwicklung, zugleich Spaltpilze.

Propionitril $\text{C}_2\text{H}_5\text{—CN}$

Spaltpilze.

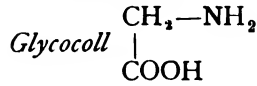
Capronitril $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{—CN}$

Spaltpilze.

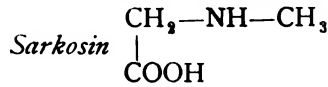
Benzonitril C_6H_5-CN

Im Laufe dreier Wochen erst Bakterien, dann Schimmelpilze.

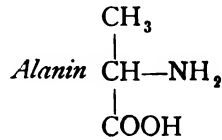
Amidosäuren.



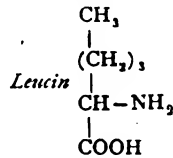
In 8 Tagen üppige Schimmelentwicklung.



In 8 Tagen massenhafte Bakterien.

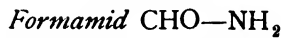


Nach 8 Tagen starke Trübung durch Spaltpilze.

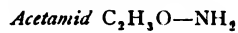


Ernährt (NÄGELI).

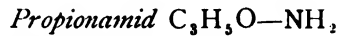
Säureamide



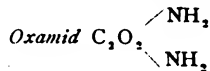
Die Lösung bleibt vollkommen klar.



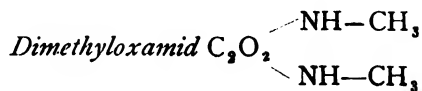
Ernährt (NÄGELI).



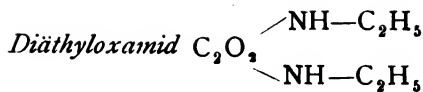
In 8 Tagen kräftige Schimmelentwicklung.



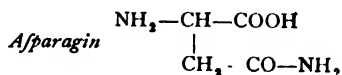
Ernährt nicht (NÄGELI).



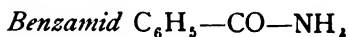
In 8 Tagen Schimmelentwicklung.



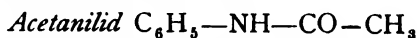
Wie voriges.



Ernährt (NÄGELI).

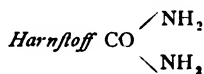


Die Lösung blieb 4 Wochen klar.



Im Laufe dreier Wochen lebhafte Schimmelbildung.

Ureide.

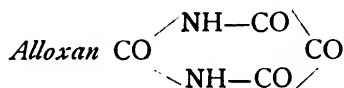


Ernährt nicht (NÄGELI).

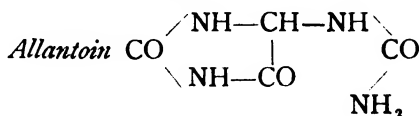


In 8 Tagen reichliche Entwicklung von *Penicillium*.

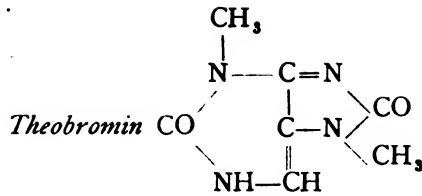
Der erste Versuch war angestellt mit einem von Herrn KAHL-BAUM bezogenen Präparate; das Ergebniss war aber das gleiche, als ich ein unzweifelhaft sehr reines Präparat verwendete, welches ich der Güte des Herrn Prof. TOLLENS verdanke.



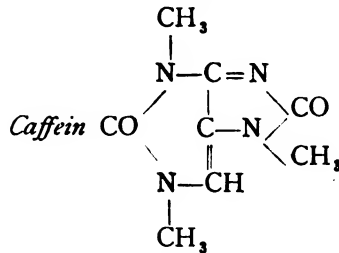
Keine Schimmelentwicklung.



Ich verdanke das aus Platanenknospen hergestellte Präparat Herrn Prof. E. SCHULZE. In der Lösung zeigte sich nach 8 Tagen eine lebhafte Entwicklung von *Penicillium*.



Die Lösung blieb 4 Wochen lang klar.



Die Lösung ward nach einigen Wochen etwas von Spaltpilzen ge-
trübt, ohne Schimmelentwicklung.

Wenn wir nunmehr an den Versuch herantreten, die im Vor-
stehenden aufgeführten Beobachtungsergebnisse für das Studium der
Kohlenstoffassimilation und der constructiven Stoffmetarmorphose in
der Pflanzenzelle zu verwerthen, so wird uns alsbald das Frag-
mentarische, die Lückenhaftigkeit des hier gebotenen Materials besonders
in den Widersprüchen entgegenreten, welche das Verhalten von oft
einander nahe stehenden und analog gebauten Körpern darbietet.
Obgleich ich zahlreichere Verbindungen auf ihren Nährwerth ge-
prüft habe, als meine Vorgänger, so springt doch gerade aus meinen
Untersuchungen hervor, wie wichtig und wünschenswerth es wäre,
noch viele andere Körper zu studiren; ja, das Verhalten der unter-
suchten Stoffe drängt häufig genug, ganz bestimmte Verbindungen
als intereffant und wichtig in's Auge zu fassen, die ich aber leider
nicht berücksichtigen konnte, weil mir das Material dazu fehlte.

Zuvörderst dürfte es zweckmäfsig sein, zu prüfen, ob die von
STUTZER und NÄGELI ausgesprochenen Sätze über den Zusammen-
hang der Structur und des Nährwerthes der Verbindungen durchweg
durch meine Beobachtungen eine Bestätigung erfahren.

Nach STUTZER kommen für die Ernährung Kohlenwasserstoffgruppen in Betracht, welche mit Hydroxylgruppen in Zusammenhang stehen. Er spricht dann zunächst den »carboxylierten Kohlenwasserstoffen«, d. h. den Carbon Säuren, nur theilweise die Fähigkeit zu, zu ernähren, manchen Säuren, wie der Butter Säure, spricht er diese Fähigkeit ab. Ebenso urtheilt er über die »hydroxylirten Kohlenwasserstoffe«, also Verbindungen mit alkoholischen Gruppen, während alle von ihm (allerdings keine große Zahl) untersuchten »carboxylierten hydroxylirten Kohlenwasserstoffe«, also Carbon Säuren mit alkoholischen Gruppen, sich als Nährstoffe erweisen.

Ich möchte dem gegenüber zunächst hervorheben, daß, wenn wir von der Kohlen Säure, der Ameisen Säure und Oxal Säure absehen, sämtliche von STUTZER, NÄGELI und mir untersuchte Carbon Säuren sich als ernährungstüchtig erwiesen haben; wobei allerdings hervorzuheben ist, daß sie eventuell nur als Salz angewendet werden dürfen; so ernährt z. B. die Butyratgruppe ganz entschieden, nicht aber die *freie* Butter Säure; ähnlich verhält sich die Propion Säure, und auch die Acetatgruppe ist wahrscheinlich im Salz ein geeigneterer Nährstoff, als in der freien Essig Säure.

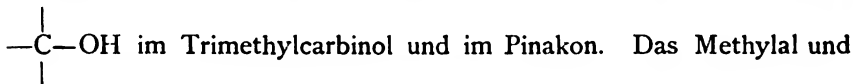
Das Verhalten der homologen Glieder aus der Reihe der Essig Säure — die im freien Zustande sicher ernährt — zeigt uns zugleich deutlich, daß der Satz von NÄGELI, daß mit der steigenden Zahl der unmittelbar zusammenhängenden C Atome die Assimilation besser von Statten gehe, jedenfalls keiner allgemeineren Anwendung fähig ist.

Wenn es zunächst auch sicher zu sein scheint, daß Kohlenwasserstoffe nur in Verbindung mit anderen Grundstoffen oder Atomgruppen assimilirbar sind, so braucht der für die Bildung eines assimilirbaren Körpers erforderliche Paarling keineswegs gerade Hydroxyl zu sein, wie man nach den Sätzen von STUTZER annehmen könnte. Schon NÄGELI hat gezeigt, daß die Methylgruppe im Methylamin zu ernähren vermag; ein Gleiches habe ich für alle von mir untersuchten Alkohole gefunden; in diesen Fällen war im Nährstoff überhaupt keine Hydroxylgruppe vorhanden.

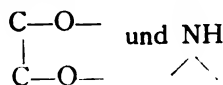
Das Verhalten des Methylamins veranlaßt zur Frage, ob die

Methylgruppe überhaupt unter allen Umständen als Kohlenstoffquelle für Pilze dienen könne. In der Essigsäure ist sie mit der Carboxylgruppe, der ja an sich kein Nährwerth zukommt, gepaart, und die Essigsäure ernährt. Aber schon im Methylalkohol ist der Nährwerth der Methylgruppe wahrscheinlich gleich Null, da die geringe, von mir nach Wochen beobachtete Trübung vermuthlich von einer Verunreinigung herrührte; auch NÄGELI beobachtete keinen Nähraffect. Dagegen ernährt die Methylgruppe wieder ganz unzweideutig in der Methylschwefelsäure, wo sie mit der Schwefelsäure in ätherartiger Verknüpfung auftritt. Im Theobromin hingegen ernährt sie nicht.

Wir gelangen somit in Bezug auf die Methylgruppe zu dem Satze: *Die Methylgruppe vermag den Pilzen als ausreichende Kohlenstoffquelle zu dienen, wenn sie denselben in Verbindung mit einem geeigneten Paarlinge dargeboten wird, aber auch nur dann.* Als solche geeignete Paarlinge erweisen sich die Carboxylgruppe, NH_2 , ebenso NH und N , die Schwefelsäure; als ungeeignet das Hydroxyl und die Aldehydgruppe. Als weniger, aber nicht völlig ungeeignete Paarlinge erscheinen das Carbonyl im Aceton und die Gruppe



Dimethylacetal, in welchen nach längerem Stehen sich lebhaft Pilze entwickelten, geben wegen ihren CH_2 und CH -Gruppe in dieser Hinsicht keine Auskunft. Wenn Dimethyloxamid ernährt, so ist hier die Verkettung der Methylgruppen eine analoge wie im Dimethylamin — also mit der NH -Gruppe, die beiden Carbonyle dürften ebenso wirkungslos sein, wie im Oxamid. Wenn im Acetonitril sich Schimmelpilze entwickelten, so könnte man geneigt sein, auch die Cyangruppe als einen geeigneten Paarling des Methyls anzusehen; allein in dieser Verbindung ist vermuthlich frühzeitig eine Oxydation zu Essigsäure eingetreten und letzterer ist dann die Nährwirkung zuzuschreiben. Im Dimethyloxamid, welches unzweifelhaft ernährt, sind mit dem Methyl die beiden jedenfalls trennbaren Paarlinge



verknüpft; während das complicirte Gerüst von C, H, O und N Atomen, an welchem die Methylgruppen im Theobromin und Caffein haften, keinen geeigneten Paarling abgeben; sie scheinen durch den Organismus des Pilzes nicht in geeigneter Form gelöst werden zu können.

Nachdem wir so gesehen haben, wie die Gruppe —CH_3 *bedingungsweise* als Ausgangspunkt für den gesammten Kohlenstoff einer Pflanzenzelle dienen kann, wollen wir untersuchen, wie sich die

Gruppen $\begin{array}{c} | \\ \text{CH}_2 \\ | \end{array}$ und $\begin{array}{c} | \\ \text{—CH} \\ | \end{array}$ verhalten. Wir werden hierbei natürlich

nur Verbindungen berücksichtigen können, die nicht zugleich auch die Methylgruppe oder eine andere Kohlenwasserstoffgruppe enthalten.

Für die Methylengruppe CH_2 läßt sich insofern ein entsprechendes Resultat wie für die Methylgruppe formuliren, als dieselbe ernährt sowohl in Verbindung mit Hydroxyl wie Carboxyl; das Verhalten anderer Verbindungsformen hatte ich leider keine Gelegenheit zu studiren. Dagegen zeigen alle untersuchten Hydroxyl- wie Carboxylverbindungen übereinstimmend, daß die Methylengruppe einen ausgezeichneten Nährstoff darstellt und möchte ich ihr einen günstigeren Nährwerth zuschreiben, als der Methylgruppe.

Von CH_2 haltigen Hydroxylverbindungen liefern die untersuchten Beispiele dafür den Beleg: Aethylenglycol, Glycerin, Erythrit, Dulcit, Mannit; ebenso die Säuren: Malonsäure, Bernsteinsäure, Glycolsäure, Glycerinsäure, Citronensäure, Itakonsäure, Aconitsäure, Glycocol. Es gelangte überhaupt keine CH_2 haltige Substanz zur Untersuchung, welche nicht vorzüglich ernährt hätte. Wie die Malonsäure und die Glycolsäure zeigen, bedarf es nur einer einzigen CH_2 Gruppe im Molecül, um daselbe affimilirbar erscheinen zu lassen.

Während NÄGELI durch die Formulirung der Zusammenfassung seiner Resultate der CH_3 Gruppe keine Bedeutung beizumessen scheint, *) nennt er als Bedingung der Affimilirbarkeit einer Substanz, daß sie

*) NÄGELI l. c. pag. 401.

die CH_2 -Gruppe oder die CH-Gruppe enthalte; für die letztere Gruppe sei aber vielleicht die Beschränkung hinzuzufügen, daß sie nur dann ernähre, wenn 2 oder mehr C-Atome, an welchen H hänge, unmittelbar mit einander verbunden seien, zu welcher Limitation ihn die Ameisenfäure veranlaßt.

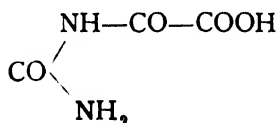
Auch für das Studium der Assimilationsfähigkeit der Gruppe CH stand mir leider nur wenig Material zu Gebot. Von Carboxylverbindungen ernährten alle, die untersucht wurden: Weinsäure, Schleimsäure, Fumarfäure; in allen drei Säuren hängen allerdings mehrere CH-Gruppen unmittelbar an einander. Von Hydroxylverbindungen kommt nur die nicht ernährende Ameisenfäure in Betracht, die aber auch nicht assimilierbar wird, wenn man im Formamid das Hydroxyl durch NH_2 ersetzt.

In Bezug auf Ameisenfäure und Formamid erscheint es mir wahrscheinlich, daß ihre Nichtassimilierbarkeit herrührt von der für Pilze unbrauchbaren Gruppe CHO^*), welche darin mit OH oder mit NH_2 verknüpft auftritt. Interessant ist aber für den Nährwerth der CH-Gruppe das Allantoin, in welchem Kohlenstoff außer einmal als CH noch dreimal als CO vorkommt, und machen wir die Voraussetzung, daß diese Carbonylgruppen nicht ernähren, so würde aus dieser Substanz eine *isolierte* CH-Gruppe assimilirt werden.

Nunmehr erschien mir die Frage einer erweiterten Prüfung bedürftig, ob die Carbonylgruppe $\text{C}=\text{O}$ unter keinen Umständen ernährend wirken könne. Daß sie als Kohlenoxyd dies nicht vermag, ist bekannt, und STUTZER hat eine gleiche negative Wirkung für die Oxalsäure, NÄGELI für den Harnstoff nachgewiesen. Daraus zieht NÄGELI die allgemeine Folgerung, daß Kohlenstoffatome nur dann assimilierbar sind, wenn sie unmittelbar mit Wasserstoffatomen zusammenhängen, wofür ja auch die meisten Versuche sprechen. Ich verwendete zum Zweck dieser Prüfung das Alloxan und die Parabanfäure, und

*) Das Verhalten des zur Pilzernährung brauchbaren Trioxymethylens gestattet leider keine Discussion, weil wir von der Structur desselben keine sichere Vorstellung haben.

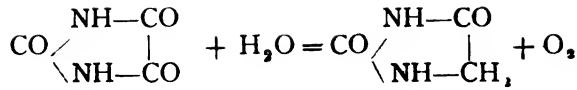
während ersteres sich wie Harnstoff, also negativ verhielt, war ich nicht wenig erstaunt, auf einer schwachen Lösung von anscheinend ganz reiner Parabanfäure*) lebhafte Vegetation von *Penicillium*-Rafen zu erhalten. In der Parabanfäure sind die drei Kohlenstoffatome als drei Carbonylgruppen vorhanden; *wir müßten hiernach für eine Verbindung die Möglichkeit der Affimilirbarkeit zugestehen, wenn sie den Kohlenstoff auch nur als Carbonyl enthält.* Ob die CO-Gruppe in diesem Falle direkt als Protoplasma-Bildnerin zur Geltung gelangt, ist darum aber doch noch fraglich. Wenn man freilich annehmen wollte, durch den Vegetationsproceß des Pilzes würde die Parabanfäure gespalten, so wäre auch damit nichts gewonnen, denn die Spaltungsproducte würden *Harnstoff* und *Oxalsäure* sein, welche wir als nichtaffimilirbar kennen; ebenso könnte allenfalls Oxalurfsäure durch Hydratation aus der Parabanfäure entstehen, allein auch die Oxalurfsäure



enthält keine Kohlenwasserstoffgruppen. Immerhin ist das Verhalten der Parabanfäure im Vergleich zum Harnstoff und der Oxalsäure ein solches, daß wir annehmen müssen, es gehen mit dem in die lebende Zelle eingetretenen Parabanfäuremolecul Umsetzungen vor, welche Wasserstoff an die Stelle von Sauerstoff setzen, und daß dieser Wasserstoff in letzter Instanz aus Wasser stammen muß, wird durch die Entwicklung der Pilze und die Multiplication ihrer Trockensubstanz in einer Parabanfäure-Lösung bewiesen.

Einen solchen Reduktionsproceß unter Einwirkung der Kräfte des Protoplasma einerseits und von Wasser andererseits würde man sich in folgender Weise verlaufend denken können:

*) Ich kann nur versichern, daß die von mir benutzte Parabanfäure so rein war, wie man sie nur durch wiederholtes Umkrystallisiren bekommen kann. Jedenfalls wäre es sehr erwünscht, wenn auch von anderer Seite die Parabanfäure auf ihr Ernährungsvermögen geprüft würde, da sie in meinen Versuchsreihen der einzige Körper war, welcher eine Ausnahme von den allgemeinen Regeln bildete.



Das hierbei entstehende Reductionsproduct wäre *Hydantoin* und enthielte eine CH_2 -Gruppe, so daß seiner Assimilirbarkeit theoretisch keine Bedenken im Wege stehen würden. Wie dem auch sein mag, auf jeden Fall ist das unerwartete Verhalten der Parabensäure ein höchst interessantes und beachtenswerthes, und bietet bislang in den Vorgängen der Kohlenstoffassimilation das einzige Seitenstück dar zur Assimilation der Kohlenäure durch das chlorophyllhaltige Plasma, indem in beiden Fällen der Kohlenstoff ausschließlich als Oxyd der Pflanze geboten wird; Mitwirkung des Lichtes ist aber bei der Assimilation der Parabensäure unnöthig.

Daß die Benzylgruppe C_6H_5 ernährt, geht zunächst unzweifelhaft aus dem Verhalten der Benzoesäure hervor; daß die aromatischen Oxyäuren (Salicylsäure, Protocatechusäure, Gallussäure) ein solches Ergebnis liefern, steht in Parallele zum Verhalten der Oxyäuren der Fettreihe. Auch als Hydroxylverbindung ernährt die C_6H_5 Gruppe, namentlich wenn sie selbst noch eine weitere Hydroxylierung erfährt und dadurch zur C_6H_4 Gruppe wird. Demnach können die aromatischen Radicale C_6H_5 , C_6H_4 , C_6H_3 und C_6H_2 als assimilirbar gelten.

Ich glaube, daß im Vorstehenden die wesentlicheren Ergebnisse der Untersuchung berührt sind, sofern die Frage nach der Assimilirbarkeit der einzelnen kohlenstoffhaltigen Atomgruppen dabei in Betracht kommt. Es ist nun noch der Umstand näher ins Auge zu fassen, daß den Pilzen die Art der Verbindung nicht gleichgültig ist, in welcher ihnen die Gruppen CH , CH_2 und CH_3 dargeboten werden.

Daß die Pilze die Kohlenhydrate am leichtesten assimiliren, dürfte in dem Umstande begründet sein, daß sie dieselben am direktesten, ohne bedeutende, als Mittelglieder des Assimilationsprocesses auftretende Zersetzungen verwerthen können. Ein gleiches scheint von den mehratomigen Alkoholen, wie Glycerin, Erythrit, Dulcit zu gelten;

während dagegen die einatomigen Alkohole als Nährstoffe von zweifelhaftem Werth erscheinen. Eine unbedingt bevorzugte Stellung nehmen aber unter den assimilirbaren Substanzen die kohlenstoffhaltigen *Säuren* ein; ist in ihnen eine CH_2 - oder CH_3 -Gruppe vorhanden, so scheinen sie unter allen Umständen zu ernähren, die CH_3 - und die C_2H_5 -Gruppe können sogar durch die betreffenden Aetherchwefelsäuren leicht in den Organismus des Pilzes Eingang finden.

Die Säure ist also eine Verbindungsform, welche sich für die Ernährung der Pilze in ganz besonderem Mafse geeignet erweist. Wir dürfen wohl kaum annehmen, dafs jedes Säuremolekül unverändert etwa zum Aufbau eines Eiweissmoleküls als Bauteil Verwendung finden könne. Einmal wird der Rest, mit welchem im Assimilationsvorgange die Säure sich zu verbinden hat, doch wahrscheinlich ein constanter sein, da auch das resultirende Eiweissmolekül stets das Gleiche sein dürfte: dann aber mufs es einen grofsen Unterschied ausmachen, ob dem Pilze etwa Essigsäure oder eine so lange Kette von Kohlenstoffatomen, wie in der Citronensäure, der Aconitssäure u. a. dargeboten wird. Die einfachste Vorstellung, die wir uns über die hierbei stattfindenden Prozesse bilden können, ist wohl diese, dafs solche unbeholfen grofse Moleküle durch die Thätigkeit der lebenden Zelle in kleinere, zur Ernährung geeignete Atomgruppen zunächst gespalten werden, und dafs diese Spaltungsproducte als Baustoffe dienen. Wenn auch die Carboxylgruppe, wie die ernährungsphysiologische Indifferenz der Oxalsäure lehrt, niemals als Baustoff dient, so ist sie doch offenbar von Bedeutung als *Vehikel*, durch welches Kohlenwasserstoffgruppen in den protoplasmatischen Organismus eingeführt werden. Nun aber liegt es auf der Hand, dafs bei einer Spaltung z. B. der Fumarsäure andere Bruchstücke entstehen müssen, als bei derjenigen der Bernsteinsäure, und darum gelangen wir zu der Frage, ob durch Spaltung und vielleicht damit verbundene Oxydation stets eine kleine Atomgruppe von constanter Zusammensetzung als erstes Assimilationsproduct in allen Fällen gebildet wird? Für eine Theorie der Assimilation des Kohlenstoffes — zunächst durch Pilze — wäre dies der einfachste, glatteste und darum willkommenste Fall. That-

fächliche Momente lassen sich freilich zu seinen Gunsten nicht beibringen, obwohl dadurch zur Zeit auch noch nichts *gegen* eine solche Annahme ausgefagt wird. Die einfachsten, zur Ernährung geeigneten Carboxylverbindungen sind die Essigsäure und die Malonsäure; in der einen ist eine CH_3 -, in der anderen eine CH_2 -Gruppe vorhanden; ein Zerbrechen des Fumaräuremoleküls an der Stelle der doppelten Bindung würde Carboxylgruppen mit einem CH -Rest liefern. Daraus eine constante Atomgruppe als einheitliches Assimilationsproduct auch nur theoretisch ableiten zu wollen, dürfte immerhin mißlich sein.

Dafs die kleineren kohlenstoffhaltigen Bausteine in der lebenden Pflanzenzelle durch Condensation oder Synthese unter Wasseraustritt zu gröfseren Atomcomplexen sich vereinigen, dafür spricht mancherlei; in die einzelnen Phasen dieser Prozesse zu blicken, verbietet uns aber unsere derzeitige Unkenntnis der Structur der als Endglieder der progressiven Stoffmetamorphose anzusprechenden Verbindungen.

Auch mit Rücksicht auf den zuletzt berührten Punkt ist es bemerkenswerth, dafs der gröfsere Theil der Anhydridverbindungen für die Ernährung von Schimmelpilzen entschieden ungünstig zu sein scheint. Ueberblicken wir die lange Reihe der auf ihr bezüglichen physiologisches Verhalten geprüften Esterarten, so ergibt sich, dafs Verbindungen dieser Form, welche eine Methylgruppe enthalten, gar nicht ernähren, wie z. B. Methylformiat, welches noch dazu eine der Essigsäure isomere Zusammensetzung besitzt; zahlreiche andere Ester, deren Säure-Gruppe in der Verbindung mit Metallen einen durchaus guten Nährboden für Schimmelpilze abgeben, liefsen erst die Entwicklung von *Penicillium* erkennen, nachdem vorher *Bakterien* darin aufgetreten waren, von denen man wohl annehmen darf, dafs sie eine Spaltung des Esters bewirkten, so dafs erst eins der hierbei entstehenden Spaltungsproducte — vielleicht in allen Fällen Essigsäure — dem Schimmelpilze als Nährstoff dient; auch in den wenigen Fällen, wo frühzeitig Schimmelpilze in reichlicher Menge in der Lösung auftraten, wie beim Aethylmalonat und Aethylsuccinat, geht die Einnistung von *Bakterien* denselben voraus. Aber auch Schimmelpilze selbst besitzen anerkannter Mafsen die Fähigkeit, Anhydride zu

spalten; bekanntlich besteht die bequemste Methode der Darstellung von Gallusäure darin, daß man eine Lösung ihres Anhydrids, des Tannins, mit *Penicillium inficirt*, nach dessen Entwicklung bald eine Spaltung des Tannins in zwei Moleküle Gallusäure eintritt. Auch hat ja bereits PASTEUR gezeigt, daß Schimmelpilze die Traubensäure in Rechts- und Linkswinsäure zerlegen. Es ist wahrscheinlich, daß den Pilzen ganz allgemein das Vermögen zukommt, Verbindungen, in welchen der Sauerstoff nach dem Typus $C-O-C$ enthalten ist, durch Vermittlung von Wasseraufnahme in Verbindungen vom Typus $2(C-OH)$ zu verwandeln. Innerhalb der lebenden Pflanzenzelle dürften daher die Anhydride nur der regressiven Stoffmetamorphose *direkt* nutzbar gemacht werden können, mithin als Energiequelle dienen, während die constructive Arbeit des Protoplasma gerade darin besteht, Verbindungen vom Typus $C-O-C$, also Anhydride, aufzubauen.

Daraus würde dann auch folgen, daß Synthesen in der Pflanzenzelle durch Spaltungen eingeleitet werden können. Daß gerade die Carboxylgruppe ein so sehr geeignetes Vehikel für die Einführung von Kohlenwasserstoffgruppen darstellt, dürfte wohl seinen Grund darin haben, daß Säuren sich besonders für Synthesen unter Wasseraustritt eignen.

Noch mancherlei Betrachtungen ließen sich an die oben mitgetheilten Versuche anknüpfen, die aber, als nicht die Hauptpunkte betreffend, an dieser Stelle fallen gelassen sein mögen. Im Allgemeinen sieht man, daß ein großer Theil vegetabilischer Stoffwechselproducte wieder zur Regeneration von Protoplasma zu dienen vermag, ein anderer (z. B. Cumarin, Theobromin) nicht. Für die einzelnen Pflanzen, in denen jene Substanzen gebildet wurden, ergeben sich daraus specielle Fragen.

Hier soll nur noch einmal des Assimilationsprocesses der Kohlenäure durch chlorophyllhaltige Pflanzen gedacht werden. Man pflegt diesen Process als einen von der Assimilation kohlenstoffhaltiger Substanzen durch Pilze fundamental verschiedenen hinzustellen, und in verschiedener Beziehung hat man darin nicht Unrecht. So aus kos-

mologischem Gesichtspunkte, indem die grüne Zelle durch das ihr ausschließlich zukommende Vermögen, den Kohlenstoff in höchst oxydierter Form zu assimiliren, in einen Gegensatz tritt zu den nicht grünen Zellen, welchen der Kohlenstoff in oxydirbarer Form geboten werden muß, um assimiliert werden zu können. Aus chemischem Gesichtspunkt erscheint die enorme Reduktionsarbeit, welche das chlorophyllhaltige Plasma mit Hülfe des Sonnenlichtes vollbringt, ebenfalls als etwas singuläres, aber doch kaum größer als die Reduction von Schwefelsäure zu Schwefelwasserstoff durch Pilze. Wenn wir aber diesen ganz speciellen Reduktionsproceß außer Acht lassen, so ist die Kohlenäure eben auch nur ein Glied in der großen Reihe der Carbonsäuren, und unter diesen bildet sie mit der Ameisensäure und Oxalsäure eine kleine Gruppe von Verbindungen, welche für die chlorophyllose Zelle nicht assimilirbar sind. Unter diesem Gesichtspunkt verschwindet der Gegensatz »organischer« und »unorganischer« Substanz, welcher in der obengedachten kosmologischen Betrachtung das Hauptmotiv abgibt, denn auch wenn in der unbelebten Erdrinde Ameisensäure und Oxalsäure, allgemein als organische Verbindungen bezeichnet, in Fülle existirten, würden farblose Zellen damit nicht ernährt werden können; während, wenn unsere Kalkfelsen aus Acetaten und Glycolaten bestünden, die Welt der Organismen des Chlorophylls nicht bedürfte. In der Structur, nicht in einer willkürlichen Klassificirung, liegt somit das für die Assimilirbarkeit einer Substanz entscheidende Moment, und Kohlenwasserstoffgruppen sind es, welche man in den Organismus einführen muß, um ihn zu ernähren und seine Substanz anwachsen zu lassen.

III.

Ueber Turgescenz und Vacuolenbildung im Protoplasma.

Von

J. Reinke.

Die für die Mechanik des Pflanzenlebens so wichtigen Vorgänge der Turgescenz sind vorwiegend, ja fast ausschließlich an behäuteten Zellen studirt worden. Die Grunderscheinungen, um welche es sich dabei handelt, sind ganz einfacher Art und daher eines elementaren mathematischen Ausdrucks fähig, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe;*) es handelt sich um einen hohlen Körper, in dessen Innerm ein größerer Druck herrscht, als Außen, so daß hierdurch eine Spannung der Wand hervorgerufen wird; die Größe dieser Spannung ist ausschließlich abhängig von der Größe der Druckdifferenz. Bezeichnen wir die Spannung mit S , den inneren Druck mit I , den äußeren mit A , so läßt sich dies Gesetz in dem Ausdruck formuliren:

$$S = I - A$$

Die Elasticität und Dehnbarkeit der Wand ist also für die Größe der Spannung in derselben ganz gleichgültig, so lange dieselbe hinreicht, ein Zerplatzen zu verhüten.

Die gewöhnliche, behäutete Pflanzenzelle liefert einen Specialfall, insofern hier der Turgor durch Aufnahme von Wasser durch eine filtrirende Wand erzeugt wird. Diese Wand ist eine zweifache, die Zellhaut eine leichter, die Hautschicht des Protoplasma eine schwieriger filtrirende Membran. Für dies ganze System ist natürlich auch die allgemeine Gleichung $S = I - A$ gültig, nur ist zu beachten, daß die Größe I abhängt von der Größe des Filtrationswiderstandes in der protoplasmatischen Hautschicht, während eine zu starke Aus-

*) Vgl. mein Lehrb. d. allg. Bot. S. 428 u. 429.

dehnung derselben durch die Elasticität der Zellhaut gehindert wird. —

Danach finden die gleichen mechanischen Wechselwirkungen wie in einer Pflanzenzelle statt in einem dünnen Kautschukballon, in den man Luft oder Wasser unter höherem als Atmosphärendruck hineinpumpt und dessen Ausdehnung durch ein feines Drahtnetz beschränkt wird.

Wir können daher, insbesondere wenn die Turgescenz der Zelle innerhalb der Dehnbarkeitsgrenze der protoplasmatischen Hautschicht bleibt, für die Untersuchung des Turgors von der Zellhaut gänzlich absehen und uns auf den Protoplasmaleib der Zelle beschränken.

Dafs isolirte Protoplasamassen bei Berührung mit Wasser an ihrer ganzen Oberfläche eine Hautschicht von membranartiger Consistenz bilden, ist bekannt. Der Vorgang dieser Membranbildung dürfte ein ziemlich complicirter sein. Zunächst mufs aus dem Aggregatzustande des Protoplasma eine Oberflächenspannung resultiren, welche gewisse Substanztheilchen desselben zur Annäherung an einander zwingt und die gröberen Körnchen in das Innere drängt; diese Spannungsmembran wird aber sicher verstärkt durch eine chemische Verdichtung, welche wir uns vielleicht als einen Gerinnungsprocefs vorstellen dürfen.

Diese protoplasmatische Hautschicht besitzt eine nicht unbeträchtliche Dehnbarkeit; auch ist nicht ausgeschlossen, dafs sie bei stärkerer Ausdehnung ein Flächenwachsthum durch Intusussception erfährt nach Analogie der TRAUBE'schen Niederschlagsmembranen.

Als bekanntestes Beispiel für dies Verhalten gelten die Klumpen und Tropfen von Protoplasma, welche man aus verletzten Fäden von *Vaucheria* zum Austritte bringt; sie bekleiden sich zunächst mit einer consistenten Hautschicht und turgesciren dann unter lebhafter Ausdehnung durch Aufnahme von Wasser, welches sich grösstentheils im Innern in Form von Vacuolen wieder ausscheidet. Aehnlich verhalten sich viele Schwärmsporen, welche, bevor sie eine Zellwand bildeten, in pathologischer Weise turgesciren und dabei im Innern grofse, wassererfüllte Vacuolen zeigen.

Ein sehr hübsches Beispiel für dies Turgesciren des Protoplasma können auch die Plasmodien der Myxomyceten darbieten, wenn man dieselben im Kulturraum sehr feucht hält. Herr Dr. KRÄTZSCHMAR, welcher in meinem Laboratorium zu anderen Zwecken Plasmodien von *Aethalium septicum* aus Sclerotien in Feuchtkammern erzog, erhielt hierbei ganz eigenthümlich deformirte Gebilde, die er auf mein Anfuchen zeichnete und wovon auf Taf. I eine Darstellung gegeben ist. Diese Plasmodien waren unter der Einwirkung von Wasser sehr stark aufgeschwollen, ihre Hautschicht war in mancherlei Vorsprüngen wie eine Membran aufgetrieben und im Innern hatte sich, wenigstens in den peripherischen Theilen des Plasmodiums, viel wässrige Flüssigkeit in der Form großer Vacuolen ausgeschieden, die von feinen Platten und Strängen aus Protoplasma durchsetzt wurden, wie der Saft Raum einer Parenchymzelle aus dem Gewebe einer höheren Pflanze.

In Fig. 1 ist ein kleines derartig verändertes Plasmodium bei schwacher Vergrößerung gezeichnet; Fig. 2 und 3 stellen Stücke aus der Randparthie desselben bei stärkerer Vergrößerung dar; Fig. 4 eine Stelle aus dem Netzwerk des Innern mit Kernen, sehr stark vergrößert. Nach Außen ist das Protoplasma durch eine zwar sehr feine, aber doch deutlich doppelt contourirte Hautschicht abgegrenzt, gegen die Vacuolen hin läßt sich, wie Fig. 4 zeigt, eine solche Hautschicht nicht wahrnehmen.

In diesem Zustande starker Turgescenz und Vacuolenbildung waren am Plasmodium noch leichte Bewegungen wahrzunehmen, dasselbe starb dann jedoch sehr bald ab; der ganze Zustand war natürlich ein pathologischer.

Es fragt sich, ob aus diesem Falle krankhafter Deformation sich Anhaltspunkte gewinnen lassen zur Beurtheilung des Verhaltens eines normalen Plasmodiums gegenüber dem Wasser. Offenbar ist die Aufnahme von Wasser seitens des letzteren eine beschränkte, weil man normal die Bildung von Vacuolen gar nicht oder doch nur äußerst selten beobachtet, und dann sind es sehr kleine, bald wieder verschwindende Vacuolen; im Allgemeinen ist das Protoplasma der Plasmodien von *Aethalium* vacuolenfrei. Dennoch muß es bei der

osmotischen Aufnahme von Wasser in das Innere des Plasmodiums zu einer Spannung zwischen dem körnerführenden, inneren Protoplasma und der Hautschicht kommen, sobald die Cohäsion und mit dieser die Elasticität der letzteren größer ist, als die der inneren Masse. An der membranartigen Festigkeit der Hautschicht läßt aber unser abnormes Plasmodium keinen Zweifel. Ob diese Hautschicht unter starker Vacuolenbildung blasig aufgetrieben wird oder nicht, dürfte als secundäres Moment aufzufassen sein; bei ihrer größeren Festigkeit muß eine hydrostatische Spannung derselben auch im normalen Plasmodium als sicher erscheinen, das letztere also sich im Zustande der Turgescenz befinden.

Immerhin ist es von Interesse zu sehen, wie durch eine pathologisch gesteigerte Aufnahme von Wasser und Ausscheidung desselben in Vacuolen eine ganz ähnliche Configuration des Protoplasmakörpers erzeugt wird, wie wir sie aus den Parenchymzellen kennen; es beweist dies gegenüber der hier und da hervorgetretenen Auffassung, diese Configuration sei das Resultat eines ganz besonderen Wachstumsprocesses, daß sie vielmehr als die nothwendige Folge gewisser physikalischer Wechselwirkungen erscheint.

Die Ausscheidung von Vacuolen im Innern eines homogenen Protoplasma ist eine Folge von Ueberfättigung mit Wasser. Das Stoffgemisch, welches im Protoplasma vorliegt, hatte durch osmotische Anziehung sich mit Wasser gesättigt; wir können uns nun verschiedene Ursachen vorstellen, die zu jener Entmischung hinführen, welche in der Vacuolenbildung zur Beobachtung gelangt. Wenn das Protoplasma innerhalb seiner Hautschicht sich ganz wie eine Flüssigkeit verhielte, also rein hydrostatischen Gesetzen folgte, so müßte der Druck an jedem Punkte der gleiche sein. Dann könnten nur locale chemische Veränderungen die Ausscheidung von Wasser an einzelnen Stellen veranlassen. Es läßt sich aber auch die Auffassung vertheidigen, daß das Protoplasma sich in seinem physikalischen Verhalten insofern von einer Flüssigkeit entfernt, als an einzelnen Stellen Orte abweichenden Druckes sich bilden, oder vielmehr die mit der Aufnahme von Wasser verbundene Drucksteigerung sich nicht

fogleich und mit gleicher Geschwindigkeit zu allen Punkten des Innern fortzupflanzen vermag; dann können Druckdifferenzen die Ursache einer localen Entmischung und Vacuolenbildung werden; welche Ursache in Wirklichkeit obwaltet, ist schwer zu entscheiden.

An anderer Stelle habe ich darauf hingewiesen,*) daß der Saft-raum, die große centrale Vacuole der Parenchymzellen, ein Organ darstellt zur Aufnahme von Ausscheidungsproducten des Protoplasma. Das letztere bildet im Verlaufe seines Stoffwechsels vielfach Substanzen, deren es sich gerne, wenigstens zeitweilig, entledigt. Eine Secretion nach Außen wird durch den Verband der Zellen erschwert, sie erfolgt daher nach Innen; und da nun in einer folgenden Entwicklungsperiode die Pflanze von den meisten der in den Saft-raum ausgeschiedenen Stoffe wieder Gebrauch zu machen weiß, so haben wir darin eine eminente Nützlichkeitsvorrichtung zu erblicken; während einerseits in seiner Funktion sich der Saft-raum im Innern der Zelle mit der thierischen Harnblase vergleichen läßt, dient derselbe andererseits zur Speicherung von Reservestoffen.

Ich zweifle nicht daran, daß die Lebensthätigkeit des pflanzlichen Protoplasma ebenso gut stets Ausscheidungen gewisser Stoffe mit sich bringt, wie diejenige des thierischen. Wo nun ein solches Organ zur temporären Ansammlung der Ausscheidungsproducte, wie im Saft-raum, fehlt, also bei den Plasmodien der Schleimpilze, da werden diese ihre Ausscheidungsstoffe an der Oberfläche absondern müssen, folglich mit einem größeren Substanzverluste arbeiten als die behäuteten Parenchymzellen. In der That erblickt man die Oberfläche der Plasmodien mit schleimigen Ausföndungen bedeckt und verbleiben dieselben theilweise auf dem Substrate, über welches ein Plasmodium hinweggekrochen ist.

Von den Abbildungen der zugehörigen Tafel ist Fig. 1 60fach, Fig. 2 220fach, Fig. 3 330fach, Fig. 4 1375fach vergrößert; in den stärker vergrößerten Figuren treten die zahlreich vorhandenen Zellkerne**) deutlich hervor

*) Zeitschr. f. physiol. Chemie VI. S. 263.

**) Ich bemerke ausdrücklich, um etwaigen irrigen Muthmaßungen vorzubeugen, daß die als Kerne bezeichneten Gebilde nicht etwa Sclerotiumzellen sind; letztere sind viel größer.

IV.

Ueber das Vorkommen
und
die Verbreitung flüchtiger reducirender
Substanzen im Pflanzenreiche.

Von

J. Reinke und L. Krätzschar.

I.

Der Gedanke von BAEYER, daß im Proceß der Kohlenensäure-Zerfetzung durch grüne Zellen im Sonnenlicht *Formaldehyd* als Assimilationsproduct der Pflanze gebildet werde, muß als die zur Zeit befriedigendste theoretische Vorstellung von diesem Proceß gelten, sobald wir wegen der beobachteten Constanz des Gasvolumens die Voraussetzung machen, daß ein Körper von der Zusammensetzung $C_n H_{2n} O_n$ gebildet werde. BAEYER hat die Bildung von Formaldehyd aus rein theoretischen Betrachtungen erschlossen, und daß die theoretisch-chemische Combination den Werth einer selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungsmethode besitzt, werden wohl nur diejenigen leugnen mögen, welche der Entwicklung der Chemie nicht gefolgt sind. Dennoch kann eine auf diesem Wege gewonnene Vorstellung über den Proceß der Kohlenstoffassimilation in grünen Pflanzen nur dann auf die Dauer genügen, wenn sich experimentelle Stützen für dieselbe beibringen lassen. Derartige Verstärkungen dieser Vorstellung durch Thatfachen dürfen sowohl von der Chemie wie von der Pflanzenphysiologie erwartet werden; von der Chemie, indem dieselbe mit größerer Sicherheit als bisher geschehen den Nachweis liefert, daß zuckerartige Körper, wie sie in der Pflanze vorkommen, in der That durch Condensation von Formaldehyd gebildet werden oder doch von solchen Condensationsproducten deriviren können; von der Botanik, indem diese Wissenschaft die Bildung von Formaldehyd oder eines unmittelbaren unzweifelhaften Abkömmlings desselben in chlorophyllhaltigen Pflanzentheilen direkt nachweist.

Zu einem Versuche in dieser letzteren Richtung mögen die Untersuchungen einen Beitrag liefern, über welche im Nachfolgenden berichtet werden soll.*)

Ein Versuch zum Nachweis von Formaldehyd mußte zunächst eine Abcheidung desselben von der Hauptmasse des Stoffgemenges, welches den Pflanzenkörper zusammensetzt, ins Auge fassen; der Weg hierzu ist durch den Umstand angezeigt, daß der Formaldehyd in wässriger Lösung sich mit Wasserdämpfen verflüchtigt. Wird Formaldehyd in der grünen Pflanzenzelle gebildet, gleichgültig ob im Innern der Chlorophyllkörner, oder an deren Oberfläche, oder in der Nähe derselben im farblosen Protoplasma, immer muß sich derselbe wegen seiner leichten Löslichkeit im Protoplasma und im Zellsaft ausbreiten können. Ein Nachweis dieser Substanz wird aber nur in dem Falle möglich sein, daß nicht der sämmtliche durch Wirkung des Lichtes gebildete Formaldehyd sogleich in oder an den Chlorophyllkörnern zu Polymerisirungen verbraucht wird, sondern daß ein Rest desselben unverändert sich in der ganzen assimilirenden Zelle verbreitet und eine Zeitlang erhält; es ist sogar nicht unwahrscheinlich, daß, da die Bedingungen für Condensation des Formaldehyd doch voraussichtlich im Protoplasma die günstigeren sind, in den Zellsaft hineindiffundirter Formaldehyd sich hier am längsten unverändert erhalten werde.

Auf diese Erwägungen gründete sich das eingeschlagene Verfahren. Grüne Pflanzentheile wurden möglichst fein zerkleinert, theils in einer Fleischzerkleinerungsmaschine, theils durch Verreiben in einem Porcellanmörser, der Saft unter meist sehr hohem Drucke abgepresst und der Destillation unterworfen, mitunter auch der Blätterbrei selbst vorsichtig destillirt; war Formaldehyd in den Pflanzenzellen vorhanden, so mußte er in das Destillat übergehen.

Das Destillat des ausgepressten Pflanzensaftes enthält aber natürlich sämmtliche mit Wasserdämpfen flüchtige Stoffe, welche in der

—
Vorläufige Mittheilungen über diese Arbeiten finden sich im zweiten Hefte der Untersuchungen aus dem botanischen Laboratorium in Göttingen. S. 187 und in den Ber. d. d. chem. Ges. 1881, S. 2144.

Pflanze überhaupt vorkommen. Unter diesen gelingt es nur eine Kategorie zurückzuhalten, nämlich die stets vorhandenen flüchtigen Säuren, indem man den Saft — oder auch den zerkleinerten Blätterbrei — durch Alkalien neutralisirt; es wurde daher nur von Pflanzenfäßen abdestillirt, welche vorher durch Zusatz einer geeigneten Menge von Natriumcarbonat schwach alkalisch gemacht worden waren.

Das unter diesen Vorichtsmafsregeln erhaltene Destillat mußte weiter darauf geprüft werden, ob nach den Reaktionen desselben Formaldehyd darin enthalten sein konnte. Dies war zunächst nur in sehr allgemeiner Weise möglich, da der Formaldehyd im Wesentlichen die Reaktionen der übrigen Aldehyde der Essigsäurereihe theilt: derselbe reducirt höchst energisch alkalische Silberlösung, weniger kräftig auch alkalische Kupferlösung. Wenn demnach das Destillat der Pflanzenfäße keine reducirende Wirkung auf die genannten Metallösungen zeigen würde, so würde auch Formaldehyd in demselben nicht enthalten sein können.

Die Probe fiel bestätigend aus; alle untersuchten Destillate von grünen Pflanzentheilen reducirten deutlich alkalische Silberlösung bei niedriger Temperatur, größtentheils auch deutlich alkalische Kupferlösung. Beispielsweise mögen hier einige Notirungen aus den Untersuchungs-Protocollen angeführt sein.

Vicia Faba: 80 Gramm abgepresster Saft der grünen Theile wurden destillirt; Fraktion*) I des Destillats reducirte Fehling'sche Lösung sehr deutlich; Fraktion II reducirte nur noch schwach; Fraktion III reducirte Fehling'sche Lösung gar nicht mehr.

Robinia Pseudacacia: 100 Gramm Blätterbrei wurden direkt destillirt. Fraktion I reducirte Fehling höchst intensiv; II noch sehr deutlich, doch schon weit schwächer; III ebenfalls noch; IV reducirte Fehling nicht mehr.

Salix aurita: 60 Gramm des Saftes wurden destillirt. Sämmtliche Fraktionen des Destillats zeigten ein fast gleiches, sehr energisches Reduktionsvermögen gegen Fehling'sche Lösung.

*) Jede Fraktion des Destillats betrug etwa 2 Cubikcentimeter.

Asparagus officinalis: 250 Gramm Blätterbrei wurden destillirt. Die erste Fraktion des Destillats wirkte auf Fehling'sche Lösung kaum ein, bewirkte jedoch in alkalischer Silberlösung in der Kälte nach wenigen Minuten eine tintenschwarze Ausfällung.

Mougeotia genuflexa: 600 Gramm der frischen Pflanze wurden destillirt, das erhaltene Destillat von 30 ccm nach genügendem Zusatz von Natriumcarbonat abermals destillirt. Die erste Fraktion dieses zweiten Destillats schied aus alkalischer Silberlösung beim Stehen in der Kälte einen deutlichen Silberpiegel ab. —

In Bezug auf die angewandten Reagentien sei noch bemerkt, daß die Silberlösung sich weitaus empfindlicher erweist als die nach der Vorschrift von FEHLING hergestellte Kupferlösung, weil die letztere eine gewisse Quantität von Kupferoxydul in Lösung zu halten vermag und dasselbe erst im Ueberschuß ausfallen läßt. Die Silberlösung ward vor dem Gebrauche stets frisch bereitet durch Versetzen von etwa einem halben Probirröhrchen voll verdünnter Ammoniaklösung mit ein paar Tropfen einer 10procentigen Lösung von Silbernitrat und 1 bis 2 Tropfen einer starken Lösung von Natriumhydroxyd. Dieses Reagens ward mit dem erhaltenen Destillat aus Pflanzentheilen versetzt und einige Minuten bei Zimmertemperatur stehen gelassen oder höchstens auf 30 bis 40° C. erwärmt; war die reducirende Substanz vorhanden, so schied sich in wenigen Minuten ein Niederschlag von metallischem Silber, häufig in Gestalt eines das Glas überziehenden Spiegels aus. Bis zum Kochen wurde nicht erhitzt, weil dann auch bei Abwesenheit des stark reducirenden Körpers, auf dessen Vorhandensein wir prüften, namentlich wenn nach dem Kochen stehen gelassen wird, leicht Bräunung und Trübungen entstehen.

II.

Nachdem durch die Vorversuche festgestellt war, daß *flüchtige* Substanzen, welche Fehling'sche Lösung reduciren, sich aus grünen Blättern abscheiden lassen, handelte es sich zunächst weiter darum, ob diese Substanzen in den lebenden Blättern als solche vorkommen, oder erst durch den Destillationsproceß, d. h. durch Erwärmen mit Wasser, aus einer Muttersubstanz abgespalten werden. Das letztere war an und für sich unwahrscheinlich; dennoch wurden einige Versuche zur Prüfung dieses Umstandes ausgeführt, namentlich mit Rücksicht darauf, daß durch LÖW und BOKORNY während der Ausführung unserer Untersuchung auf Grund mikrochemischer Wahrnehmungen den Eiweißstoffen der lebenden Zelle reducirende Eigenschaften vindicirt worden waren.

Zu diesem Zwecke ward die von uns gemachte Beobachtung verworther, daß Destillate, welche den reducirenden Körper in reichlicher Menge enthalten, z. B. von Pappelblättern, im Stande sind, *eine verdünnte Lösung von Silbernitrat beim Stehen in der Kälte nach kurzer Zeit auch ohne Zusatz irgend eines Alkali zu reduciren*, was andere nicht flüchtige reducirende Stoffe der Pflanzenzelle, z. B. Glycose, nicht zu thun vermögen. Ebenfowenig geschieht dies von Seiten der Ameisenfäure.

Demnach ward der aus 600 g Pappelblättern (unter Zusatz von etwas Wasser) abgepresste Saft durch wiederholtes Filtriren durch Glaswolle und Fließpapier geklärt und eine Probe davon in der Kälte mit neutraler Silberlösung versetzt; es erfolgte alsbald ein starker Niederschlag von metallischem Silber. Daß dieser nicht etwa durch das Licht aus gefallenem Chlorfilber erzeugt war, bewies ein Parallelversuch, wo sich ein Chlorfilberniederschlag in dem gleichen diffusen Licht an der Hinterseite des Zimmers lange Zeit unverfärbt erhielt. Der übrige Saft ward mit Bleiacetat vollständig ausgefällt, der Niederschlag abfiltrirt, das überschüssige Bleiacetat durch Natriumcarbonat gefällt und das Bleicarbonat ebenfalls abfiltrirt. Eine Probe dieses letzteren Filtrats ward mit etwas Salpetersäure angesäuert und

theils mit neutraler, theils mit alkalischer Silberlösung versetzt; in beiden Fällen erfolgte eine energische Reduction. Der Rest des Filtrates, das ja keine Eiweißstoffe mehr enthalten konnte, wurde destillirt und das erhaltene Destillat reducirte sowohl Kupfer- wie Silberlösung ebenso stark, wie das Destillat des frischen Saftes.

Eine Wiederholung dieser Versuche mit *Salix* und *Vitis* führte zu dem gleichen Ergebnis, und sprechen diese Beobachtungen entschieden für die Präexistenz des reducirenden Körpers in den Blättern; ein anderes diese Auffassung bestätigendes Moment werden wir später kennen lernen.

III.

Von der größten Bedeutung war es, festzustellen, ob die Destillate chlorophyllhaltiger Pflanzentheile aus den verschiedensten Familien reducirende Eigenschaften besitzen, ob Fälle vorkommen, wo sich dieselben nicht nachweisen lassen oder ob das Vorkommen ein constantes ist. Wie schon aus den oben mitgetheilten Beispielen der Untersuchungs-Protocolle erhellt, verhalten sich die Destillate verschiedener Pflanzen keineswegs gleich; manche reduciren sehr energisch, so daß ein halbes Probirröhrchen voll Destillat einen wägbaren Niederschlag von Kupferoxydul zu erzeugen vermag, andere so schwach, daß sie durch Fehling'sche Lösung überhaupt gar nicht, sondern nur durch ihr Verhalten gegen Silbernitrat nachgewiesen werden können. Dann zeigte sich weiter ein Unterschied darin, daß bei der großen Mehrzahl der untersuchten Pflanzen die reducirende Substanz nur in den ersten Fraktionen des Destillats in reichlicherer Menge vorhanden war, während die späteren Fractionen nur Spuren davon oder gar nichts mehr enthielten. Bei einigen Pflanzen jedoch, zeigte sich auch in den letzten Fraktionen des Destillats kaum eine Abnahme des Reductionsvermögens. Hier mußte also eine weniger flüchtige Modification des Körpers, wahrscheinlich neben der gewöhnlich vorhandenen flüchtigeren, in der Pflanze gebildet worden sein.

Wo in der folgenden Uebersicht über die untersuchten Pflanzen nur bemerkt ist, daß die erste Fraktion (Fr. I) reducirte, soll damit

gefast fein, daß nur die flüchtigere Form der reducirenden Substanz vorhanden war. Wo eine Reduction von Fehling'scher Lösung beobachtet wurde, ist nicht noch besonders die Reduction von Silberlösung erwähnt. Die nachstehend aufgeführten Pflanzen wurden im Sommer 1881 untersucht

- Vicia Faba.* Fr. I reducirte Fehlings Lösung deutlich.
Robinia Pseudacacia. Fr. I red. Fehling sehr intensiv.
Prunus Armeniaca. Fr. I red. Fehling schwach.
Rosa alpina. Fr. I red. Fehling deutlich.
Ribes petraeum. Fr. I red. Fehling schwach.
Ribes alpinum. Fr. I red. Silberlösung kräftig.
Saxifraga cordifolia. Fr. I red. Fehling deutlich.
Myrrhis odorata. Fr. I red. Fehling deutlich.
Saponaria officinalis. Fr. I red. Fehling kräftig.
Polygonum cuspidatum Fr. I red. Fehling deutlich.
Rheum palmatum. Fr. I red. Fehling schwach.
Impatiens parviflora Das Destillat red. Fehling in allen Fraktionen energisch, aber stärker in der ersten als in der letzten.
Acer pensylvanicum. Fr. I red. Fehling energisch.
Vitis vinifera. Fr. I red. Fehling sehr kräftig.
Ampelopsis hederacea. Fr. I red. Fehling schwach.
Salix aurita u. a. Sp. Das Destillat reducirt in allen Fractionen Fehling sehr kräftig.
Populus alba, balsamifera u. a. Sp. Das Destillat verhält sich wie bei den *Salix*-Arten.
Brassica oleracea. Fr. I red. Fehling energisch.
Papaver bracteatum. Fr. I red. Fehling deutlich.
Paeonia officinalis. Fr. I. red. Fehling deutlich.
Berberis Aquifolium. Fr. I red. Fehling deutlich.
Euphorbia orientalis. Fr. I red. Fehling sehr kräftig.
Statice Gmelini. Fr. I red. Fehling energisch.
St. latifolia u. *caspica.* Fr. I red. Fehling weniger kräftig.
Armeria maritima. Fr. I red. Fehling ziemlich kräftig.
Pyrethrum Myriophyllum. Fr. I red. Fehling sehr kräftig.

- Helianthus erythrocarpus* u. *annuus*. Fr. I red. Fehling schwach.
Cephalaria procera. Fr. I red. Fehling deutlich.
Valeriana dioica. Fr. I zeigte auf Fehling keine deutliche Einwirkung, reducirte aber die Silberlösung.
Symphoricarpus racemosa. Fr. I red. Fehling sehr energisch, die späteren Fraktionen weniger.
Symphoricarpus vulgaris. Red. Silberlösung in der Kälte sehr kräftig.
Lonicera coerulea. Red. Silberlösung sehr kräftig.
Cornus alba red. Silberlösung sehr kräftig.
Ligustrum vulgare red. Silberlösung sehr kräftig. *)
Gentiana lutea. Fr. I red. Fehling kräftig.
Veronica Beccabunga. Fr. I red. Fehling deutlich.
Verbascum nigrum. Fr. I red. Fehling deutlich.
Mentha aquatica. Fr. I red. Fehling deutlich.
Lycium barbarum. Fr. I red. Fehling kräftig.
Symphytum officinale. Fr. I red. Fehling schwach.
Convallaria Polygonatum. Fr. I red. Fehling kräftig.
Iris plicata. Fr. I red. Fehling energisch.
Asparagus officinalis. Fr. I wirkt auf Fehling äußerst schwach kräftig auf Silberlösung in der Kälte.
Zea Mays. Fr. I. red. Fehling deutlich.
Tsuga canadensis. Fr. I red. Fehling kräftig.
Taxus baccata red. Silberlösung.
Thuja plicata red. Silberlösung.
Pinus Pumilio red. Silberlösung.
Struthiopteris germanica. Fr. I red. Fehling deutlich.
Scolopendrium officinarum. Fr. I red. Fehling deutlich.
Hypnum Rutabulum red. Silberlösung energisch, auf Fehling war keine Einwirkung zu beobachten.
Halimolobos polypodioides red. Silberlösung kräftig.
Cystofira barbata red. Silberlösung kräftig.
Scytosiphon lomentarius red. Silberlösung sehr energisch, Fehling schwach.

*) Die letzten 4 Arten wurden auf ihr Verhalten gegen Fehlings Lösung nicht geprüft.

Gigartina Teedii red. Silberlösung energisch. *)

Mougeotia genuflexa. Fr. I des *rektificirten* Destillats red. Silberlösung kräftig.

Vaucheria sessilis verhält sich wie Mougeotia.

IV.

Nachdem festgestellt war, daß die flüchtige reducirende Substanz sich durch das ganze Gewächsreich verbreitet findet, soweit die Pflanzen Chlorophyll besitzen und unter normalen Lebensbedingungen vegetiren, war es von Wichtigkeit, einerseits die chlorophylllosen Wurzeln von Blütenpflanzen, andererseits die Pilze auf eben diese Substanz zu prüfen.

Es wurden zunächst eine Anzahl Wurzeln einer Salix, deren Blätterdestillat kräftig reducirte, zerkleinert, mit etwas Wasser veretzt und der Destillation unterworfen: das Destillat reducirte ziemlich kräftig Fehling'sche Lösung. Hierdurch ist der Beweis erbracht, daß der reducirende Körper auch in den Wurzeln chlorophyllhaltiger Gewächse, welche ihn in ihren Blättern besitzen, vorzukommen *vermag*, eine Thatfache, welcher bei der theoretischen Verwerthung dieser Untersuchung Rechnung getragen werden muß; von der Untersuchung anderer Wurzeln konnte Abstand genommen werden, da die Möglichkeit des Vorkommens in den Wurzeln durch diesen einen Versuch festgestellt worden war.

Von Pilzen wurden untersucht: Trametes suaveolens, Coprinus comatus, Polyporus albidus und nitidus, Agaricus sp., Boletus Satanas, Hydrocybe punicea, junge Fruchtkörper von Aethalium septicum. Die Pilze wurden mit Wasser verrieben und destillirt. Das Destillat wirkte weder auf Fehling'sche Lösung noch auf alkalische Silberlösung bei niederer Temperatur; *die reducirende Substanz fehlt also den Pilzen vollständig.*

*) Von den letzten 4 Arten wurden die in Neapel gesammelten Exemplare frisch in der Sonne getrocknet, in Göttingen aufgeweicht und verarbeitet. Zu diesem Versuche hatte die Wahrnehmung Veranlassung gegeben, daß in der Sonne getrocknete Blätter von Pappeln und Weiden einen Theil ihrer flüchtigen reducirenden Substanz behalten.

Nunmehr war die Frage nahe gelegt, ob etiolirte Keimlinge von Blütenpflanzen, welche ihren Chlorophyllapparat in der Dunkelheit nicht auszubilden vermochten und daher auch nicht assimiliren konnten, die fragliche Substanz enthalten. Es wurden geprüft etiolirte Keimlinge von *Lupinus angustifolius*, *Impatiens Balfamine*, *Impatiens tricornis*, *Phaseolus multiflorus*, *Helianthus annuus*; das aus denselben erhaltene Destillat wirkte weder auf Fehling'sche noch auf alkalische Silberlösung bei niedriger Temperatur, während am Licht gezogene Keimlinge derselben Arten Silberlösung kräftig reducirten; von *Imp. Balfamine* wurde ein Theil der Keimlinge, welche zur Verarbeitung im etiolirten Zustande dienten und keine flüchtige reducirende Substanz enthielten, 10 Tage lang ans Licht gestellt und nunmehr reducirten sie deutlich Fehling'sche Lösung. Etiolirte Keimlinge von *Lepidium sativum* lieferten ein Destillat, welches beim Erwärmen mit der Silberlösung eine geringe Menge eines schwärzlichen Niederschlages bildete, der jedenfalls aus Silberfulfur bestand, da Senföle im Destillat enthalten waren, während das Destillat aus grünen, am Licht gewachsenen Kressekeimlingen bei gleicher Behandlung einen schönen Spiegel von metallischem Silber am Glase abschied.

Somit kann behauptet werden, *dafs die reducirende Substanz in etiolirten Keimlingen derselben Gewächse fehlt, welche sie bei normaler Entwicklung am Lichte enthalten.*

Hiernach erscheint es einigermafsen sicher gestellt, dafs diese Substanz ein Erzeugnifs des Chlorophyllapparats unter Mitwirkung des Lichtes ist. Das Vorkommen in Wurzeln vermag an dieser Auffassung nichts zu ändern; denn wenn die Substanz in grofser Menge in den Blättern einer Pflanze sich anhäuft, in welcher die Bedingungen für ihre Conservirung günstig sind, so vermag sie auch durch den Stamm bis in die Wurzeln hinein sich auszubreiten. Immerhin war es unter diesen Umständen von Interesse, auch etiolirte Keimlinge von Coniferen auf die flüchtige reducirende Substanz zu prüfen.

Es wurden die deutlich ergrüntten Cotyledonen einer hinreichenden Anzahl von Finsterkeimlingen von *Picea excelsa*, *Pinus Pumilio* und *P. maritima* mit etwas Wasser zu Brei verrieben und die Masse

nach Neutralisation der Destillation unterworfen; *die erste Fraktion der Destillate gab keine Einwirkung auf Silberlösung bei niedriger Temperatur zu erkennen.* Es ist hiernach das Vorkommen der reduzierenden Substanz auf keinen Fall allein von der Chlorophyllbildung in einer Pflanze abhängig; es muß offenbar die Wirkung des Lichtes hinzutreten, um dieselbe zu erzeugen

V.

Bekannter Massen verschwinden die Stärkekörner, welche in den Chlorophyllkörnern junger Pflänzchen unter der Einwirkung des Lichtes entstanden waren, bei anhaltender Verdunkelung der Pflanze mehr oder weniger. Die Stärke besitzt überall, wo sie in der Pflanze auftritt, nur eine und dieselbe physiologische Bedeutung, die Bedeutung eines Reservestoffs. Die Stärkekörner werden im Innern oder an der Oberfläche besonderer Organe des Protoplasmaleibes der Zelle, der Stärkebildner, aufgebaut; als Stärkebildner fungieren auch die Chlorophyllkörner, man kann sie in *dieser* Beziehung als grüne Stärkebildner von den farblosen Stärkebildnern unterscheiden. Für die Deutung einer Substanz oder eines organisierten Gebildes als Reservematerial ist es ganz gleichgültig, ob dieselbe ein halbes Jahr, wie in der Zeit der Winterruhe, unverändert besteht, oder ob nur einige Tage, ja nur einige Stunden, um dann wieder anderweitig umgesetzt zu werden. Die Stärkekörner sind offenbar die Form, welche bei vielen Pflanzen jeder Ueberschuß von flüssigen Kohlenhydraten anzunehmen strebt, sobald er nicht zu anderweitiger Verwendung im Entwicklungsproceß der Pflanze gelangt, gleichsam eine stabile Gleichgewichtsform der Kohlehydrate, welche vielleicht das Protoplasma weniger belastet und daher von diesem ausgeschieden wird; diese Bedeutung kommt demnach den Stärkekörnern der Rhizome ebenso zu wie denen der Chlorophyllkörper. Wenn nun eine Pflanze, deren Chlorophyllkörner sich im Licht mit Stärke gefüllt hatten, diese Stärke im Finstern verliert, so ist der Proceß ein analoger, als wenn in einer

im Finstern austreibenden Kartoffelknolle die Zahl der Stärkekörner sich vermindert.

Man konnte nun erwarten, daß auch aus grünen, unter normalen Bedingungen erwachsenen Pflanzentheilen die reducirende Substanz im Finstern verschwinden werde. Zu dem Behuf wurde eine Anzahl *abgeschnittener* junger Zweige von *Salix aurita*, welche sehr reich an dieser Substanz waren, 14 Tage lang ins Dunkle gestellt; nach Ablauf dieser Zeit reagirte das aus ihnen erhaltene Destillat auf Fehling'sche Lösung immer noch sehr kräftig, eine Verminderung der Substanz war kaum nachweisbar. Wenn dieselbe zu den frühesten Erzeugnissen des Assimilationsprocesses gehören sollte, so waren die beiden Möglichkeiten vorhanden, daß zu ihrem weiteren Umsatz entweder das Licht oder der anatomische Zusammenhang der assimilirenden Gewebe mit der ganzen Pflanze, mit Stamm und Wurzeln, erforderlich ist. Eine in dieser Richtung bemerkenswerthe Beobachtung ist die Folgende. Im Sommer 1881 erwiesen sich sämmtliche untersuchte Arten von *Salix* und *Populus*, sowie *Vitis vinifera* sehr reich an dem flüchtigen reducirenden Körper, in einem zum vierten Theile mit dem Destillat gefüllten Probircylinder ward auf Zusatz von etwas Fehling'scher Lösung ein dicker Bodensatz von Kupferoxydul ausgeschieden. Als dagegen im Sommer 1882, wo fast ununterbrochen kühles, regnerisches Wetter und bedeckter Himmel vorherrschten, größere Quantitäten von Weiden- und Pappelblättern behufs Darstellung der Substanz im Großen in Arbeit genommen wurden, zeigten die erhaltenen Destillate *nur Spuren von Reductionsvermögen* gegen Fehling'sche Lösung, etwa in dem Grade wie diejenigen Blütenpflanzen, welche relativ am ärmsten an der Substanz bei unserer Untersuchung gefunden wurden. Der Gehalt daran kann also auch bei Pappeln und Weiden bedeutenden Schwankungen unterliegen; und dies wird wiederum verständlich, wenn man annimmt, daß unter ungünstigen Vegetationsbedingungen das in den Blättern spärlicher gebildete Assimilationsproduct fogleich fast vollständig in Kohlehydrate umgewandelt wird, und die flüchtige reducirende Substanz gar nicht zu größerer Anhäufung gelangt. Ein ähnliches Verhältniß mag auch zwischen verschiedenen Species be-

stehen, welche die Substanz bei gleichen Vegetationsbedingungen in verschiedener Menge enthalten. Noch in einer anderen Hinsicht aber verdient das wechselnde Verhalten der Pappel- und Weidenblätter unser Interesse. Es zeigt, daß die flüchtige reducirende Substanz zeitweilig in der Pflanze sich vermindern kann bis nahezu zum Verschwinden, sie kann daher unmöglich ein excrementielles Nebenproduct des Stoffwechsels sein, sondern vermag offenbar als Material für anderweitige Stoffbildungen zu dienen. Endlich spricht dieser Befund entschieden für die Präexistenz der Substanz in der Zelle, weil es unwahrscheinlich ist, daß aus lebenden Blättern von Pappeln und Weiden das eine Mal durch Erhitzung auf 100° C. die flüchtige, Kupferoxyd reducirende Substanz in Menge aus den Constituenten ihres Protoplasma abgespalten werden sollte, das andere Mal nicht; die Substanz ist unzweifelhaft das eine Mal durch den normalen Vegetationsproceß der Pflanze in reichlicher Menge gebildet worden, das andere Mal nicht.

Eine weitere Rechtfertigung dieser Auffassung wird durch die folgenden Versuche gewährt.

Es wurden beblätterte Sträucher von *Symphoricarpus vulgaris*, *Cornus alba*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera coerulea*, *Ribes alpinum* — sämtlich Pflanzen, deren Blätter ein lebhaft reducirendes Destillat liefern — mit vollständigem Wurzelballen ausgehoben, in große Töpfe eingepflanzt und in ein verdunkeltes Zimmer gesetzt. Nach 6 Tagen ward aus den abgepflückten Blättern dieser Pflanze ein Destillat hergestellt, und dieses Destillat zeigte bei *Symphoricarpus*, bei *Ligustrum*, *Cornus* und *Lonicera* keine Einwirkung mehr auf alkalische Silberlösung bei niedriger Temperatur; das Destillat von *Ribes* gab dagegen noch ein schwaches Reduktionsvermögen zu erkennen, das aber nach weiterer 4tägiger Verdunkelung ebenfalls verschwunden war. Während von den übrigen Sträuchern die Blätter zu diesem Versuche verbraucht wurden, war bei *Symphoricarpus* und *Ligustrum* noch ein Theil der Blätter, die in der Dunkelheit ihr Reduktionsvermögen eingebüßt hatten, erhalten geblieben. Diese beiden Sträucher wurden jetzt einige Tage dem Lichte ausgesetzt,

und das nunmehr aus den Blättern gewonnene Destillat schied aus alkalischer Silberlösung bei niederer Temperatur einen deutlichen Silberpiegel ab.

Die flüchtige reducirende Substanz der Blätter war also durch Aufenthalt der Pflanzen in Dunkelheit zum Verschwinden gebracht, durch nachfolgende Belichtung von neuem erzeugt worden.

VI.

Die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen dürften geeignet erscheinen, die allgemeine Verbreitung der flüchtigen reducirenden Substanzen in den Blättern chlorophyllhaltiger affilirender Pflanzen darzuthun; zugleich wurden wichtige Anhaltspunkte für die Bedingungen des Entstehens und Verschwindens dieser Substanzen im Stoffwechsel der Pflanze gewonnen. Es erübrigt noch die Hauptfrage: welches ist die genaue chemische Zusammensetzung der in Rede stehenden Körper? — Die Beantwortung dieser Frage in Angriff zu nehmen und womöglich zu entscheiden, hatte sich der eine von uns (R.) als besonderes Arbeitsthema für den Sommer 1882 vorbehalten; die Ausführung dieses Planes scheiterte an den überaus ungünstigen meteorologischen Verhältnissen dieses Jahres. Gerade diejenigen Gewächse, deren Laub im Sommer 1881 einen sehr reichen Gehalt an diesen flüchtigen Substanzen erkennen ließen, erhielten 1882 davon so wenig, daß es Verschwendung von Zeit, Arbeit und Material gewesen wäre, an die directe chemische Untersuchung heranzutreten. Es empfahl sich, einen günstigeren Sommer abzuwarten und die Arbeit auf diesen zu verschieben. Die Ursache der ange deuteten Umstände darf wohl mit Recht in dem Mangel an directem Sonnenschein während dieses ganz ungewöhnlichen Sommers erblickt werden: um so mehr, als die Abhängigkeit der Bildung jener Substanzen von der Beleuchtung durch das Experiment direct nachgewiesen werden konnte.

Ob ein Theil der beobachteten reducirenden Substanz wirklich Formaldehyd ist, konnte fomit bislang nicht festgestellt werden. Den-

noch sei erwähnt, daß Beobachtungen vorliegen, welche an der Aldehydnatur derselben keinen Zweifel lassen, indem es gelang, durch Behandlung mit Schwefelwasserstoff einen unzweifelhaften Sulfaldehyd aus den Destillaten abzuscheiden. Näheres über diesen Punkt möge späteren Mittheilungen vorbehalten bleiben.

Dagegen sei noch einer Untersuchung von anderer Seite gedacht, welche zu Resultaten gelangte, die mit den von uns erhaltenen im Einklange stehen.

Als eine specifische Reaction auf Aldehyd wurde in der analytischen Chemie bislang auch die folgende betrachtet. Wenn man eine verdünnte wässrige Fuchsinlösung mit etwas schwefliger Säure entfärbt, dann ein paar Tropfen eines Aldehyds hinzufügt, so wird die purpurrothe Farbe der Lösung wieder hergestellt. In der Mittheilung im zweiten Hefte dieser Untersuchung (S. 177) wurde notificirt, daß dies auch die erste Prüfung war, welche wir, und zwar mit positivem Erfolge, auf das Vorkommen von Aldehyd in den Destillaten von Pflanzenblättern angestellt haben. Mit diesen Versuchen beschäftigt, ging uns jedoch eine Arbeit zu von GUSTAV SCHMIDT: Ueber das Verhalten einiger organischer Verbindungen zu Fuchsinchwefligsäure.*) Nach den Untersuchungen von SCHMIDT kommt nun zwar das Vermögen, die Fuchsinfärbung wieder herzustellen, den Aldehyden ganz allgemein zu, ist aber denselben leider nicht ausschließlich eigenthümlich. Der Verfasser fand, daß auch Aceton, Methylalkohol, Aethylalkohol, Propylalkohol, Isopropylalkohol eine Lösung von Fuchsinchwefligsäure zu färben vermögen, sodaß ein Aldehyd mit völliger Sicherheit durch dies Reagens nicht nachgewiesen werden kann; daher haben wir auf eine ausgedehntere Anwendung desselben verzichtet. Von Wichtigkeit für uns ist aber noch der Nachweis von SCHMIDT, daß den mehrfach hydroxylierten Bezolen die Fuchsinreaction nicht zukommt, dieselben also — sie besitzen ja energisches Reductionsvermögen — beim Verhalten der Destillate aus Pflanzenblättern nicht mit im Spiele sind; dies konnte freilich auch durch anderweite Reactionen festgestellt werden.

*) Bericht d. d. chem. Ges. 1881. S. 1848.

Inzwischen hat, angeregt durch unsere Untersuchungen, A. MORI*) mit dem Fuchsinreagens die Destillate zahlreicher Pflanzen geprüft und gefunden, daß dieselben sämmtlich die Färbung regeneriren. Daß in allen diesen Fällen es Aldehyde sind, welche diese Farbenreaktion hervorrufen, kann nach dem Verhalten der Destillate gegen Kupfer- und Silberlösung nicht zweifelhaft sein; der Grund, weshalb wir von dem Reagens keinen ausgedehnten Gebrauch gemacht haben, wurde eben entwickelt. Uebrigens hat MORI ebenso wie wir eine Abhängigkeit der Bildung des Aldehyds vom Lichte nachgewiesen.

Noch ein Einwand, der gegen einige Folgerungen unserer Untersuchung erhoben werden könnte, möge hier kurz beleuchtet werden. Es ist eine bekannte Thatfache, daß den aus Pflanzentheilen gewonnenen ätherischen Oelen wohl ganz allgemein ein Reduktionsvermögen gegen alkalische Silberlösung zukommt; nun könnte man sagen, das von uns beobachtete Reduktionsvermögen der Destillate rühre her von einer geringen Menge ätherischen Oels. Darauf ist aber zu erwidern, daß die ätherischen Oele Substanzen von ganz verschiedenem chemischen Charakter umfassen, daß es meistens Gemenge sind, und daß, wenn sie reduciren, dies auf einer *Beimengung von Aldehyden* beruht, welche durch den Destillationsproceß aus den Pflanzenblättern frei gemacht wurden.

Sind doch annerkannter Maßen manche aromatische Aldehyde ein Hauptbestandtheil mehrerer ätherischer Oele, so der Cuminaldehyd des Römisch-Kamillenöls, der Zimmtaldehyd des Zimmtöls der Salicilaldehyd des Oels aus *Crepis foetida* und *Spiraea Ulmaria*; allein auf Fehling'sche Lösung wirken diese aromatischen Aldehyde nicht ein. Das Verfahren der Herstellung bringt es jedoch mit sich, daß in allen ätherischen Oelen auch die von uns beobachteten Aldehyde mit enthalten sein können.

*) Nuovo giornale botanico 14. S. 147.



Fig. 1.

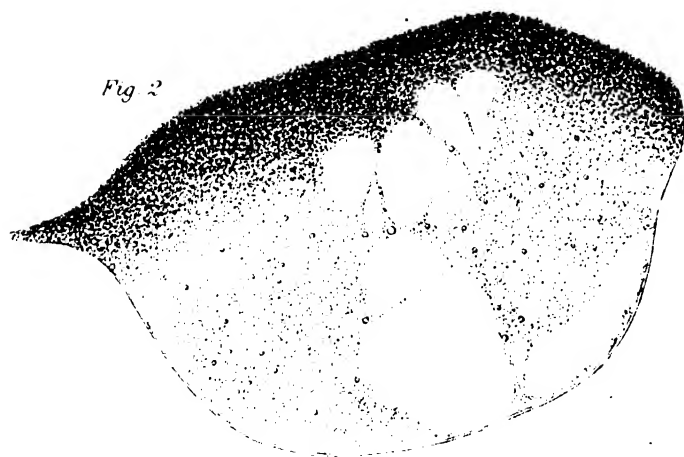


Fig. 2

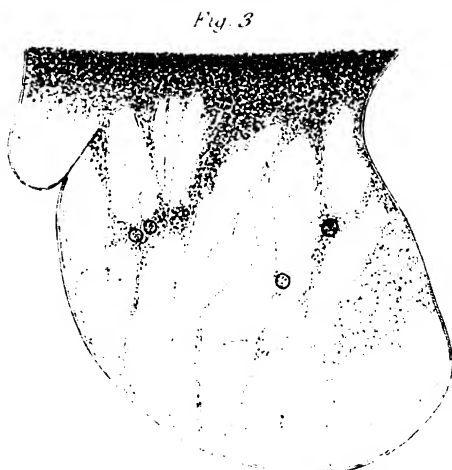


Fig. 3

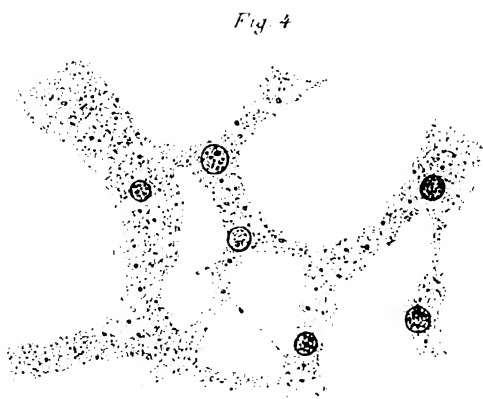


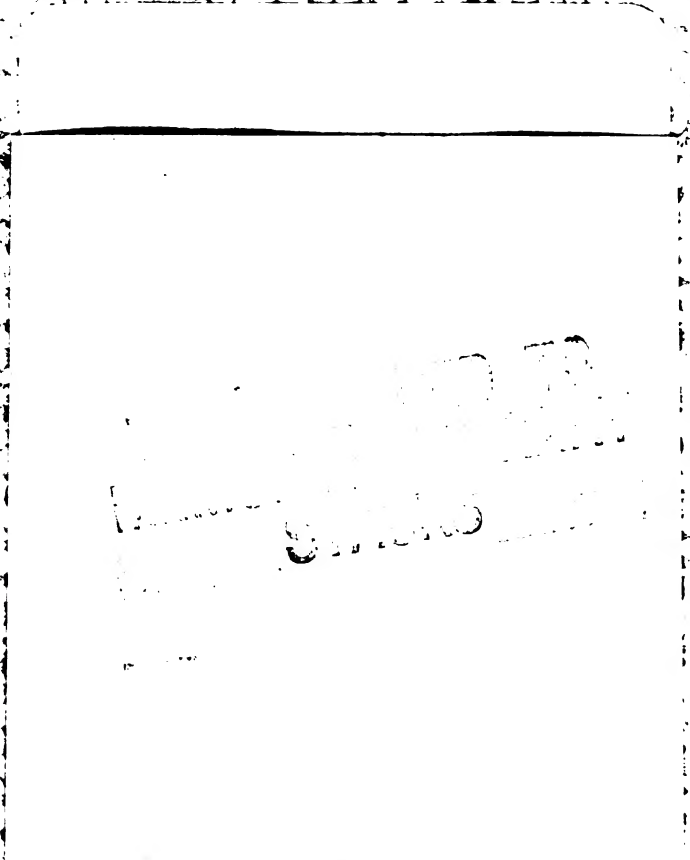
Fig. 4

89097519011



b89097519011a

DATE



1000
1000
1000



1000
1000
1000

89097519011



B89097519011A